

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Josiane Aparecida de Souza Barboza

**SILAGEM DE *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray OU *Stylosanthes* Sw. spp.
EM SUBSTITUIÇÃO AO *Sorghum bicolor* (L.)**

Diamantina-MG

2020

Josiane Aparecida de Souza Barboza

**SILAGEM DE *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray OU *Stylosanthes* Sw. spp.
EM SUBSTITUIÇÃO AO *Sorghum bicolor* (L.)**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Márcia Vitória Santos

Coorientador: Dr. Leandro Diego da Silva

**Diamantina-MG
2020**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B239s

Barboza, Josiane Aparecida de Souza

Silagem de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray ou *Stylosanthes* Sw. spp. em substituição ao *Sorghum bicolor* (L.) / Josiane Aparecida de Souza Barboza, 2020.

68 p.

Orientadora: Márcia Vitória Santos

Coorientador: Leandro Diego da Silva

Dissertação (Mestrado– Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

1. Conservação de forragem. 2. Ensilagem. 3 Sorgo. 4. Falso girassol. 5. Estilosantes. I. Santos, Márcia Vitória. II. Silva, Leandro Diego da. III. Título. VI. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 633.2

Ficha Catalográfica – Sistema de Bibliotecas/UFVJM

Bibliotecária: Viviane Pedrosa – CRB6/2641

JOSIANE APARECIDA DE SOUZA BARBOZA

**SILAGEM DE *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray OU *Stylosanthes*
Sw. spp. EM SUBSTITUIÇÃO AO *Sorghum bicolor* (L)**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM ZOOTECNIA, nível
de MESTRADO como parte dos
requisitos para obtenção do título de
MESTRA EM ZOOTECNIA

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Márcia
Vitória Santos
Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Diego
da Silva

Data da aprovação : 18/02/2020


Prof.Dr.^a MÁRCIA VITÓRIA SANTOS - UFVJM


Prof.Dr. LEANDRO DIEGO DA SILVA - UFVJM


Prof.Dr.^a MARCELA AZEVEDO MAGALHAES - UFVJM


Prof.Dr.^a JANAÍNA AZEVEDO MARIUSCELLO VIERA DA CUNHA - UFSJ


Prof.Dr.^a JOSIMARI REGINA PASCHOALOTO - UFPI

DIAMANTINA

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por iluminar meus caminhos e pela oportunidade infinita de crescimento, que se manifesta a cada instante. Sempre fiel e absoluto em minha vida, foi a Ele quem sempre recorri e fui sempre atendida! Dele vem tudo que sei, tenho e sou.

Não apenas agradeço, mas dedico à realização desse sonho àqueles que sonharam junto comigo e estiveram ao meu lado tornando tudo possível: José Antônio e Margarida. Preciosos exemplos de vida, humildade e caráter! E que de perto ou de longe nunca deixaram faltar amor! Aos meus irmãos Jos e Helim pelas renúncias, cumplicidade e compreensão. Amo muito a minha família. Foi por vocês e para vocês que dediquei todos os meus esforços!

A Professora Márcia Vitória, com quem tive a honra de poder trabalhar. Exemplo de profissional, que questiona, apoia, escuta, incentiva e estima melhoras. Gostaria de agradecê-la por tudo! Obrigada por todo cuidado e compreensão! Cresci muito com a sra! Nem sempre foi fácil, afinal somos seres humanos... Que lutam diariamente, que tem suas fraquezas e suas fortalezas, e que entendem que a caminhada é difícil, mas é difícil para todo mundo! Mas o mais importante é a lição de perceber que ao longo dessa caminhada não estamos sozinhos, que temos com quem contar nos momentos difíceis e isso já é um passo muito grande para alcançar nossos objetivos! Agradeço imensamente!

Aos pós doutorandos Leandro, Josimari e Carol, pela coorientação e dedicação, por serem guias em vários momentos (inclusive nos de desespero) e por estenderem as mãos para ajudar e acalmar! Obrigada por tudo! Vocês também são grandes exemplos para mim!

Aos meus amigos que também são família, que compreenderam minha ausência na vida deles nestes últimos anos, mas sempre deram um jeitinho de recarregar as minhas energias me dando forças e motivos pra continuar firme na batalha. Dizem que quem tem amigos tem tudo! Se essa frase é verdadeira eu tenho muito mais do que poderia sonhar. Agradeço aos céus por ser agraciada com os melhores amigos do mundo! Vocês sabem a importância que tem em minha vida e isso nos basta!

A todos que fizeram parte da EQUIPE em especial a Brenda e Alex pelo cultivo do estílo e da titânia, ao NESAF'S e antigos mestrados. Equipe essa que sem a qual teria sido impossível conduzir as atividades propostas, um círculo de amizades que foi além do trabalho e traduziu-se no companheirismo de todos os dias, sempre mantendo o respeito e o cuidado um com o outro. Rafa, Claudinha e Toru, espero que nossa amizade se fortaleça a cada dia e que perdure, do mesmo jeito que nasceu: cheia de risos, muito respeito, carinho e muitos cafezinhos. Isso tudo só deu certo porque foi com vocês! Tenho certeza que a nossa

amizade se estenderá além dos portões da UFVJM e do tempo. Obrigada por não me deixarem conhecer a solidão!

Aos técnicos de cada laboratório por onde passei e aos demais funcionários da UFVJM. Em especial Elizzandra e Elisângela. Vocês sempre deram um “jeitinho” para que as coisas dessem certo, e deram! Graças à vocês também!

Muito obrigada aos membros da banca e aos suplentes, que aceitaram participar da minha defesa e contribuir para a construção deste trabalho!

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Departamento de Zootecnia por tornar esse sonho possível.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) -Código de Financiamento 001.

Eu realmente não teria conseguido se não fosse a parceria e a união de todos!

Os meus sinceros agradecimentos!

Josiane Aparecida de Souza Barboza

RESUMO

Objetivou-se determinar a melhor proporção de substituição com titônia ou estilosantes às silagens de sorgo, com intuito de melhorar a qualidade nutricional e o padrão fermentativo das silagens. Foram conduzidos dois experimentos, sendo um com titônia e outro com estilosantes, ambos em substituições graduais ao sorgo, além da sua completa substituição. Para ambos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de cinco níveis de substituição, 0, 25, 50, 75 e 100%. Titônia e estilosantes foram colhidos no mesmo dia do sorgo e todas foram picadas separadamente, e ensiladas em tubos de policloreto de vinil, conferindo a densidade de 600 kg m^{-3} em cada silo. Os silos foram abertos aos 365 dias após a ensilagem. Foram analisados os valores de pH, os teores de ácidos orgânicos, etanol, a população microbiana, a composição químico-bromatológica e as perdas de matéria seca geradas durante o processo fermentativo. Tanto titônia quanto estilosantes foram eficientes na substituição ao sorgo, além de favorecer a qualidade das silagens, melhorando o padrão fermentativo. Houve incremento expressivo de proteína no material ensilado, devido à contribuição da titônia e do estilosantes, associado às baixas perdas de nitrogênio amoniacal, além da redução das perdas, tanto de matéria seca quanto em fermentação etanólica com a inclusão da titônia e estilosantes. Os nutrientes foram bem preservados mesmo após 365 dias de armazenamento. As proporções de inclusão de titônia e estilosantes melhoram a qualidade das silagens de sorgo, com destaque para a inclusão de 75% e para as silagens exclusivas de titônia e estilosantes, sendo opção para melhoria da qualidade da silagem.

Palavras chave: conservação de forragem, ensilagem, sorgo, falso girassol, estilosantes.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the best proportion of substitution with titonia or stylosanthes prior to sorghum silages, in order to improve the nutritional quality and the fermentation pattern of the silages. Two experiments were conducted, one with titonia and the other with stylosanthes, both in gradual substitutions to sorghum, in addition to its complete substitution. For both, the experimental design used was completely randomized with five treatments and five replications. The treatments consisted of five levels of substitution, 0, 25, 50, 75 and 100%. Titonia and stylosanthes were harvested on the same day as the sorghum and all were chopped separately, and ensiled in polyvinyl chloride tubes, giving a density of 600 kg m⁻³ in each silo. The silos were opened 365 days after ensiling. The pH values, the contents of organic acids, ethanol, the microbial population, the chemical-bromatological composition and the losses of dry matter generated during the fermentation process were analyzed. Both titonia and stylosanthes were efficient in replacing sorghum, in addition to favoring the quality of silages, improving the fermentation pattern. There was a significant increase in protein in the ensiled material, due to the contribution of titonia and stylosanthes, associated with low ammoniacal nitrogen losses, in addition to reduced losses, both in dry matter and in ethanolic fermentation with the inclusion of titonia and stylosanthes. The nutrients were well preserved even after 365 days of storage. The proportions of inclusion of titonia and stylosanthes improve the quality of sorghum silages, with an emphasis on the inclusion of 75% and the exclusive silages of titonia and stylosanthes, being an option for improving the quality of silage.

Keywords: forage conservation, silage, sorghum, false sunflower, stylosanthes.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1- AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA SILAGEM DE TITÔNIA EM SUBSTITUIÇÃO AO SORGO

Tabela 1. Composição químico-bromatológica do sorgo, da titônia e das proporções de substituição da titônia ao sorgo a ser ensilado.....26

Tabela 2. Médias e equações de regressão para a composição químico-bromatológica das silagens de sorgo, titônia e das proporções de substituição da titônia ao sorgo.....28

Tabela 3. Médias e equações de regressão para as características fermentativas das silagens de sorgo, titônia e das proporções de substituição da titônia ao sorgo.....29

CAPÍTULO 2 – *Stylosanthes Sw. spp* EM SUBSTITUIÇÃO AO *Sorghum bicolor* (L.) PARA SILAGEM

Tabela 1. Composição químico-bromatológica do sorgo, do estilosantes e das proporções de substituição do estilosantes ao sorgo a ser ensilado..... 48

Tabela 2. Médias e equações de regressão para a composição químico-bromatológica das silagens de sorgo, estilosantes e das proporções de substituição do estilosantes ao sorgo.....50

Tabela 3. Médias e equações de regressão para características fermentativas das silagens de sorgo, estilosantes e das proporções de substituição do estilosantes ao sorgo.....51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
	REFERÊNCIAS	20
	CAPÍTULO 1- AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA SILAGEM DE TITÔNIA EM SUBSTITUIÇÃO AO SORGO	23
1	INTRODUÇÃO	25
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3	RESULTADOS.....	29
4	DISCUSSÃO.....	35
5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43
	CAPÍTULO 2- <i>STYLOSANTHES</i> SW. SPP EM SUBSTITUIÇÃO AO <i>SORGHUM BICOLOR</i> (L.) PARA SILAGEM.....	47
1	INTRODUÇÃO	49
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
3	RESULTADOS.....	53
4	DISCUSSÃO.....	59
5	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a principal fonte de alimento para os ruminantes é o pasto. Porém, uma das características básicas da exploração pecuária no Brasil é a flutuação estacional no crescimento e na produção das plantas forrageiras, devido principalmente à distribuição irregular das chuvas. Isso leva ao fornecimento de alimento em baixa quantidade e qualidade aos animais no período de escassez de forragem e, conseqüentemente, ao consumo inadequado de nutrientes, o que ocasiona baixos índices zootécnicos e compromete a produção animal. Uma das alternativas de baixo custo ao pecuarista é o armazenamento de volumosos no período de alta produção de forragem através da conservação de forragem, com destaque para as silagens de milho e de sorgo que, além de alta produtividade, contém alta energia (DANIEL *et al.*, 2019).

Nesse contexto, a ensilagem de milho tem se destacado em todo o mundo, por ser um alimento com características favoráveis para a produção de silagem. Assim como o milho, as plantas de sorgo possuem grande potencial de produção, além de possuírem características desejáveis de ensilabilidade, tais como adequado teor de matéria seca e alto teor de carboidratos solúveis (CHATTHA *et al.*, 2020). Adicionalmente, o sorgo apresenta maior resistência ao déficit hídrico e ao fotoperíodo, tornando a silagem de sorgo uma alternativa viável em comparação ao milho para regiões mais áridas em cultivo na safra e, ou, na safrinha (ANÉSIO *et al.*, 2017; DANIEL *et al.*, 2019).

No Brasil, durante a safra de 2018 a 2019, foram produzidas 2 milhões de toneladas de sorgo, distribuídos nas diferentes regiões do país. Comparado ao milho que apresentou uma produção de 80 milhões de toneladas no mesmo período, o cultivo do sorgo ainda é pequeno no território brasileiro. Já em relação a produção de silagem, o rendimento pode ser diferencial. O sorgo utilizado na produção de silagem apresenta como vantagem em relação ao milho o uso da rebrotação das plantas após o primeiro corte, que quando tecnicamente bem conduzida pode ser reaproveitada. Uma lavoura de sorgo alcança produtividade média de 50 toneladas de massa verde por hectare e o segundo corte, sem custo adicional, pode alcançar uma média de 20 toneladas. Adicionalmente, seu valor comercial é cerca de 80% em relação ao preço do milho, o que se torna viável devido a sua rusticidade e rebrotação para produção de silagem e para venda desse produto (ANUALPEC, 2019).

Outra forrageira que apresenta alto potencial de uso é a leguminosa *Stylosanthes* Sw. spp. (estilosantes). O estilosantes tem recebido atenção dos pesquisadores e pecuaristas devido a sua baixa exigência em fertilidade, maior qualidade nutricional em relação às

gramíneas tropicais e boa aceitabilidade pelos animais, além disso, pode produzir de 40 a 50 toneladas de massa verde por hectare ao longo do ano (SILVA *et al.*, 2017). Para um mesmo estágio de desenvolvimento e condição de cultivo em relação às gramíneas tropicais, o estilosantes apresenta maior proporção de proteína bruta (12 – 18%), menor proporção de lignina e semelhante ou maior digestibilidade da matéria seca. O estilosantes também conta com o benefício do nitrogênio fixado biologicamente para o solo, reduzindo os custos com uso de fertilização nitrogenada, além de ser uma alternativa proteica suplementar aos animais como fonte de volumoso conservado (EPIFÂNIO *et al.*, 2019).

Existem outras espécies forrageiras, não pertencentes às famílias das gramíneas ou leguminosas, ainda pouco avaliadas para a produção de silagem, mas extremamente adaptadas às condições tropicais. Dentre as várias espécies promissoras, destaca-se a *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray, uma planta herbácea da família Asteraceae, originária da América Central (REIS *et al.*, 2018). Foi introduzida em diversos países da África, Ásia e América do Sul, onde recebe diversas denominações, como girassol mexicano, boldo japonês, margaridão amarelo e mais comumente titônia (REIS *et al.*, 2018). Ainda são poucos os estudos sobre a utilização dessa planta como silagem na alimentação animal, porém sua rusticidade, alto teor de proteína bruta (15 – 29%), crescimento rápido, alta capacidade de rebrotação após o corte e alta produção de biomassa, que pode alcançar até 55 toneladas de massa verde por hectare ao longo do ano, apontam ser uma fonte promissora de alimento para animais, principalmente, em regiões onde as condições adversas dificultam o cultivo de espécies mais exigentes (SILVA *et al.*, 2018).

Uma das alternativas para aporte de alimentos em quantidade e qualidade desejáveis é a utilização de espécies forrageiras exóticas de alta qualidade nutricional, boa produtividade e adaptada às condições da região. Nesse contexto, a utilização de forrageiras como a titônia e o estilosantes, ganham destaque, visto que são adaptadas aos solos ácidos e de baixa fertilidade, também apresentam potencial em agregar valor proteico às silagens tradicionais, além de serem culturas perenes, o que minimiza os custos de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade de silagens exclusivas de titônia ou estilosantes em comparação a silagem de sorgo, bem como os efeitos da substituição de proporções de titônia e estilosantes na silagem de sorgo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os parâmetros químico-bromatológico antes e após o processo de ensilagem;
- Avaliar os parâmetros de fermentação em silagens com proporções de titônia ou estilosantes, ou em substituição total ao sorgo;
- Avaliar a qualidade das silagens em condições de armazenamento de até 365 dias;
- Conhecer e recomendar um melhor nível de inclusão da titônia ou estilosantes na ensilagem do sorgo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cultura do sorgo na maioria das vezes fica em segundo plano para confecção de silagem, sendo utilizado como cultura alternativa em condições que não seriam ideais para o cultivo do milho. No entanto, o sorgo apresenta algumas vantagens agronômicas como rusticidade, elevado potencial produtivo, facilidade de cultivo, e especialmente pela qualidade de silagem produzida, sem necessidade de aditivos para estimular a fermentação (ANÉSIO *et al.*, 2017; DANIEL *et al.*, 2019). Quanto à composição bromatológica, numa média geral o milho apresenta menores teores de fibra em detergente ácido (27 a 32% de FDA), celulose (24 a 28%), nitrogênio na FDA (13 a 15% do N total) e fibra em detergente neutro (55 a 56% de FDN) do que o sorgo, e apresenta maior teor de amido (22 a 17%) e de proteína bruta (7,5% a 6,53%), responsável pela maior digestibilidade em comparação ao sorgo (59 a 54%). Os maiores teores das frações fibrosas e menor teor de amido e proteína na planta de sorgo podem ser atribuídos à menor participação dos grãos (PINHO *et al.*, 2017).

Também é necessário considerar que apesar do reconhecido potencial de utilização do milho pra ensilagem, a rusticidade do sorgo e seu elevado potencial de produtividade, podem ser o diferencial na escolha entre as culturas. Uma lavoura de sorgo alcança produtividade média de 50 toneladas de massa verde por hectare e o segundo corte, sem custo adicional, pode alcançar uma média de 20 toneladas, já uma lavoura de milho produz em média 50 toneladas de massa verde por hectare (ANUALPEC, 2019).

O sorgo possui maior tolerância ao déficit hídrico e maior resistência às altas temperaturas, tornando-se uma opção interessante para regiões áridas e semiáridas do mundo (CHATTHA *et al.*, 2020). Além disso, o sorgo mostra grande flexibilidade para ser utilizado em diferentes sistemas de produção de forragem, por apresentar maior amplitude de época de plantio, menor custo de produção, possibilidade de aproveitamento da rebrota e cultivo na safra e, ou, safrinha (GETACHEW *et al.*, 2016).

A silagem de sorgo é uma excelente fonte de energia, contudo apresenta alta variação nos teores de proteína (8,67% em média de PB) (VALADARES FILHO *et al.*, 2016; ANÉSIO, 2017). As plantas de sorgo têm grande potencial de produção e desejável características para produzir silagem de alta qualidade, como adequado teor de matéria seca (MS), alto teor de carboidratos solúveis em água e baixa capacidade tamponante na época ideal de colheita, quando os grãos atingem estágio pastoso (ANÉSIO *et al.*, 2017; DANIEL *et al.*, 2019).

Chattha *et al.* (2020), avaliando três híbridos de sorgo, observou teores de proteína bruta entre 5,8 e 6,9%. As silagens de aveia, milho e milho, apresentaram teores semelhantes, sendo o menor teor verificado na silagem de sorgo 8,46%, devido o grão apresentar baixo teor de PB em relação a outras culturas forrageiras (JACOVETTI *et al.*, 2018). Uma alternativa para melhorar o valor nutritivo do material ensilado é a inclusão de alimentos proteicos (RIGUEIRA *et al.*, 2015). Nesse contexto, algumas espécies forrageiras atendem a essa característica de agregar valor proteico à silagem, como é o caso das plantas da família Fabaceae, conhecidas como leguminosas.

A família Fabaceae é uma das maiores famílias botânicas, conhecida como Leguminosae (leguminosas) que apresentam ampla distribuição geográfica. Até recentemente, as leguminosas não eram reconhecidas ou indicadas para ensilagem por sua fermentação predominantemente realizada por Clostrídios, o que resulta em altas concentrações de N-amoniaco e ácido butírico que elevam o pH da silagem. Este fato ocorre devido a três fatores: o alto poder tampão, o baixo teor de carboidratos solúveis e, finalmente, o baixo teor de matéria seca. Esses três parâmetros são responsáveis pela capacidade fermentativa de uma cultura, sendo associados de forma direta e proporcional aos teores de matéria seca e aos teores de carboidratos solúveis, e inversamente proporcionais ao poder tampão (DRIEHUIS *et al.*, 2018). Segundo Borreani *et al.*, (2018), o alto poder tampão característico dos alimentos ricos em proteína e baixos teores de carboidratos solúveis em sua constituição, são obstáculos na sua conservação por fermentação, pois a produção de ácidos lácticos é pouco explorada.

A utilização de silagens de *Stylosanthes* Sw. na alimentação animal quer seja em países de clima tropical ou temperado, ainda é pouco expressiva, indicando a necessidade da realização de trabalhos nessa área. Trabalhos com silagens de estilosantes (SILVA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018a) mostraram resultados satisfatórios quanto às características fermentativas e químicas dessas silagens, destacando o potencial de ensilagem dessa leguminosa.

No Brasil, as leguminosas que no momento tem maior potencial de uso para ensilagem são *Arachis pintoí* cv. Belmonte, *S. guianensis* cv. Mineirão, e *S. capitata* x *S. Macrocephala* cv. Campo Grande, com destaque para esta última (EPIFÂNIO *et al.*, 2019).

O *Stylosanthes* Sw. cv. Campo Grande foi obtido a partir da combinação de populações sucessivamente selecionadas de *S. capitata* e de *S. macrocephala*, as quais tiveram suas sementes misturadas fisicamente na proporção de 80% e 20% (EPIFÂNIO *et al.*, 2019).

O *Stylosanthes* Sw. (estilosantes) é bastante utilizado no Brasil, principalmente devido a sua tolerância a solos de baixa fertilidade e bom valor nutritivo, visto que os solos brasileiros apresentam, em sua maioria, baixa fertilidade natural. A utilização de espécies forrageiras adaptadas às condições adversas tem como finalidade reduzir os custos de produção. Assim, o emprego de estilosantes apresenta-se como boa opção de cultivo, por se adaptar a solos ácidos e de baixa fertilidade, apresentar teor de proteína bruta e produtividade de forragem satisfatórios, além de ter papel importante na absorção do nitrogênio atmosférico, o que favorece a redução de investimentos em adubação (EPIFÂNIO *et al.*, 2019).

A produção anual do estilosantes Campo Grande em monocultivo é de 40 a 50 toneladas de massa verde por hectare, sendo usada em pastejo por bovinos de corte e leite, e produção de feno, feno-em-pé e silagem (EPIFÂNIO *et al.*, 2019). Entretanto, existem relatos na literatura de problemas digestivos e também a possibilidade de formação de fitobezoares em dietas exclusivas dessa leguminosa (SILVA *et al.*, 2017). Com isso, o fornecimento dessa leguminosa sob a forma de ensilagem, também é uma alternativa ao problema da formação de fitobezoares que são estruturas formadas pela agregação de fibras, principalmente vegetais, no trato digestivo de ruminantes, ocasionando obstruções intestinais que podem levar o animal à morte. (LI *et al.*, 2019).

O estilosantes é uma leguminosa com bom valor nutritivo, apresentando teores de proteína bruta de 13% a 18% na planta inteira e de até 22% nas folhas, durante a estação chuvosa. Nesse período, a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica da leguminosa varia de 55% a 70%. Durante a estação seca, quando ocorre perda de folhas após o florescimento das plantas, há redução dos teores de proteína bruta, podendo atingir até 6% (MUIR *et al.*, 2019).

No Brasil, resultados promissores foram obtidos com a produção de silagem de *Stylosanthes* cv. Campo Grande, considerando o perfil de fermentação, a ingestão e desempenho de bovinos de corte e ovinos (SILVA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018a). Silva *et al.* (2018a) avaliaram o consumo e a digestibilidade dos nutrientes de silagem de estilosantes em comparação à de milho, em estudo com ovinos. Esses autores concluíram que dietas contendo silagem de milho ou de estilosantes, podem ser consideradas nutricionalmente equivalentes, por terem apresentado consumo e digestibilidade da MS semelhantes.

Outra espécie que também atende a essa característica de agregar valor proteico à silagem é a *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. A titônia pertence à família Asteraceae, popularmente conhecida como girassol mexicano, falso girassol, mão de Deus, arnica da terra, quil amargo, margaridão e titônia (REIS *et al.*, 2018, SILVA *et al.*, 2018). É uma planta arbustiva que apresenta altura máxima próximo de 5,0 m e caule ereto, folhas alternadas,

pecioladas, com bordas serrilhadas e levemente pilosas, inflorescência do tipo capítulo e coloração amarela (SILVA *et al.*, 2018c).

A propagação da titônia por sementes é pouco viável, pois estas apresentam baixa germinação logo após a colheita, ocasionado pela imaturidade dos embriões (PADILHA *et al.*, 2018; REIS *et al.*, 2018). Dessa forma, o método de propagação mais utilizado tem sido a vegetativa, através de partes do caule (KATTO *et al.*, 2002).

A titônia é uma espécie forrageira com grande potencial de utilização na alimentação animal, destacando-se pelo alto teor nutritivo e elevada produtividade. Além disso, apresenta ótimo potencial adaptativo, com elevada produtividade mesmo em condições de baixa precipitação pluviométrica e fertilidade do solo, mostrando ser uma espécie com potencial de produção para várias regiões do mundo (REIS *et al.*, 2016).

Entre as características de interesse nos sistemas de produção de ruminantes, a titônia apresenta elevados níveis de proteína e fósforo, fácil estabelecimento, resistência a cortes frequentes, rebrotação rápida após o corte e alta produtividade quando comparada com outras forrageiras tropicais comumente utilizadas para alimentação de ruminantes (SILVA *et al.*, 2018b; REIS *et al.*, 2016). Além de apresentar múltipla utilização, estudos também relatam redução da produção de metano por ruminantes, devido à presença de metabólitos secundários presentes nas plantas (GALLEGO *et al.*, 2017; GRANADOS *et al.*, 2019).

Em trabalho avaliando a produção da titônia em diferentes períodos de rebrota no Brasil, Souza (2017) observou uma produção de massa seca superior a 25.000 kg ha⁻¹, aos 77 dias de rebrota, no período de maio a junho de 2016, em área irrigada. Silva *et al.* (2018b) avaliando a produção de massa seca aos 120 dias após o plantio, também observou valores superiores a 25.000 kg ha⁻¹, no entanto, a matéria seca apresentou comportamento crescente, o que pode ter sido devido ao aumento na proporção de tecidos fibrosos, resultantes do aumento de tecidos de sustentação, como caule. Conforme relatado por Aye, (2016), a relação folha/caule é reduzida com o aumento da idade das plantas, e consequente perda na umidade e valor nutricional das mesmas. Silva *et al.* (2018) trabalhando com titônia em dois corte a cada 70 dias de rebrotação obteve produção máxima de massa verde e seca, equivalente a 42.100 e 7.320 kg ha⁻¹ no primeiro corte, e 57.000 e 10.400 kg ha⁻¹ no segundo corte.

Aye (2016) encontrou valores de proteína bruta para plantas inteiras de titônia que varia de 20,8 % aos 21 dias de rebrotação e 12,33% aos 77 dias, comportamento característico das forrageiras tropicais, que apresentam esse declínio ao atingirem a maturidade. Gallego *et al.*, (2017) encontrou valores de PB de 14,01% aos 60 dias em períodos chuvosos avaliando plantas inteiras.

REFERÊNCIAS

- ANÉSIO A. H. C.; SANTOS M. V.; SILVA L. D.; SILVEIRA R. R.; BRAZ T. G. S. and PEREIRA R. C. Effects of ensiling density on chemical and microbiological characteristics of sorghum silage. **Journal of Animal and Feed Sciences**. v.26, p.65–69, 2017.
- ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. SP, Brasil: Instituto FNP, ed. 26, 2019.
- AYE P.A. Comparative nutritive value of Moringa oleifera, Tithonia diversifolia and Gmelina arborea leaf meals. **American Journal of food and nutrition**. v.6, p.23-32, 2016.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**. v.101, p.3.952-3.979, 2018.
- CHATTHA M.U.; HASSAN M. U.; KHAN I.; CHATTHA M. B.; AAMER M.; NAWAZ M.; ANJUM S. A.; ASHRAF U.; KHARAL M. Impact of planting methods on biomass production, chemical composition and methane yield of sorghum cultivars. **Pakistan Journal Agricultural Sciences**. v.57, p.43-51, 2020.
- DANIEL J. L. P.; BERNARDES T. F.; JOBIM C. C.; SCHMIDT P. and NUSSIO L. G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Journal of Animal and Feed Sciences**. v.26, p.1–13, 2019.
- DRIEHUIS F.; WILKINSON J. M.; JIANG Y.; OGUNADE I.; ADESOGAN A. T. Animal and human health risks from silage. **Journal of Dairy Science**.v.101, p.4.093-4.110, 2018.
- EPIFÂNIO P. S.; PINHO C. K. A.; COSTA S. E.; FERREIRA S. W.; TEIXEIRA D. A. A.; TORRES S. J.; MOURA A. M. Características produtivas e nutricionais de cultivares de *Brachiaria brizantha* consorciadas com *Stylosanthes* cv. Campo Grande em diferentes sistemas forrageiros. **Crop and Pasture Science**. v.70 , p.718-729, 2019.
- GALLEGO L.; MAHECHA L.; ANGULO J. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. **Agronomía Mesoamericana**. v.28, p.213–222, 2017.
- GETACHEW G.; PUTNAM D.H.; DE BEN C.M.; DE PETERS E.J. Potential of sorghum as an alternative to corn forage. **American Journal of Plant Sciences**. v.7, p.1.106-1.121, 2016.
- GRANADOS E. V.; GARCÍA L. S.; GURROLA A. G.; BALLESTEROS A. H.; SOLANO L.; VALENTE F. E.; OLGUIN J. L. L. Replacement of alfalfa with *Tithonia diversifolia* in lambs fed sugar cane silage-based diets and rice polishing. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuárias**. v.10, p.267-282, 2019.
- JACOVETTI, R.; FRANÇA, A. F. S.; CARNEVALLI, R. A.; MIYAGI, E. S.; BRUNES, L. C.; CORRÊA, D. S. Millet silage compared to traditional grasses: quantitative, qualitative, and economic characteristics. **Ciência Animal Brasileira**, v.19, p.1-16, 2018.
- KATTO, C.I.R. Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. In: GÓMEZ, M.E.; RODRÍGUEZ L.; MURGUEITIO, E.; RÍOS, C.I.; MÉNDEZ, M.R.; MOLINA, C.H.; MOLINA, C.H.; MOLINA, E.; MOLINA, J.P. **Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados em Alimentación Animal como Fuente Proteica**. Cali, CIPAV, p.116 -119, 2002.

- LI, D.; NI, K.; ZHANG, Y.; LIN, Y.; YANG, F. Fermentation characteristics, chemical composition and microbial community of tropical forage silage under different temperatures. **Asian-Australasian Journal Animal Sciences**. v.32, p.665-674, 2019.
- MUIR J. P.; SANTOS M. V. F.; CUNHA M. V.; JÚNIOR J. C. B. D.; JÚNIOR M. A. L.; ALMEIDA R. T. A.; SOUZA T. C. Value of endemic legumes for livestock production on Caatinga rangelands. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.14, p.1-12, 2019.
- PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F.; SOUSA, W.H.; RAMOS, J.P.F.; CARVALHO, G.G.P.; PEREIRA, G.A. Performance of confined sheep fed diets based on silages of different sorghum cultivars. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.18, p.454-464, 2017.
- REIS, M.M.; SANTOS, L.D.T.; PEGORARO, R.F.; SANTOS, M.V.; COLEN, F.; ROCHA, L.M.; FERREIRA, G.A.P.; MONTES, W.G.; MOURA JUNIOR, R.R.; CRUZ, L.R.; OLIVEIRA, F.G. Productive and nutritional aspects of *Tithonia diversifolia* fertilized with biofertilizer and irrigated. **Journal of Agricultural Science**, v.10, p.367-374, 2018.
- REIS, M.M.; SANTOS, L.T.D.; PEGORARO, R.F.; COLEN, F.; ROCHA, L.M.; FERREIRA, G.A.P. Nutrition of *Tithonia diversifolia* and attributes of the soil fertilized with biofertilizer in irrigated system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.1.008-1.013, 2016.
- RIGUEIRA, J.P.S.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C., RIBEIRO, K.G.; GARCIA, R.; CEZÁRIO, A.S. Soybean silage in the diet for beef cattle. **Journal of Dairy Science**. v.37, p.61-65, 2015.
- SILVA A. M. S.; SILVA L. D.; CRUZ P. J. R.; SANTOS M. V.; SOUZA C. M. P.; FARNESI M. M. M.; GANDINI E. M. M. Production and nutritional value of *Tithonia diversifolia* in establishment period. **Livestock Research for Rural Development**. v.30, p.90- 95, 2018.
- SILVA, A. M. S.; SILVA, L. D.; SANTOS, M. V.; CRUZ, P. J. R.; TITON, M. Propagação vegetative de *Tithonia diversifolia* com ácido indolbutírico. **Livestock Research for Rural Development**, v.30, p.90-97, 2018b.
- SILVA L. D.; PEREIRA O. G.; SILVA T. C.; VALADARES FILHO S. C.; RIBEIRO K. G.; SANTOS S. A. Intake, apparent digestibility, rumen fermentation and nitrogen efficiency in sheep fed a tropical legume silage with or without concentrate. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**. v.90, p.3.551-3.557, 2018a.
- SILVA T. C.; PEREIRA O. G.; MARTINS R. M.; AGARUSSI M. C. N.; SILVA V. P.; SILVA L. D. A.; CARDOSO LRUFINO A. S. C.; VALADARES FILHO S. C.; RIBEIRO K. G. *Stylosanthes* cv. Campo Grande silage and concentrate levels in diets for beef cattle. **Animal Production Science**, v.58, p.539-545, 2017.
- SOUZA M. N. S. **Análise de crescimento, fisiologia e valor nutritivo de *Tithonia diversifolia***. Dissertação Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. p.1-132, 2017.
- VALADARES FILHO, S. C.; COSTA E SILVA, L. F.; LOPES, S. A. **BR-CORTE. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados**. 2016. Disponível em <www.brcorte.com.br>. Acesso em 02 de Fevereiro de 2020.

CAPÍTULO 1- AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA SILAGEM DE TITÔNIA EM SUBSTITUIÇÃO AO SORGO

RESUMO

O *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo) possui destaque como forragem para alimentação animal em regiões áridas e semiáridas em todo o mundo, entretanto apresenta baixo teor de proteína bruta. Dessa forma, espécies forrageiras, como a *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (titônia), que apresenta elevado valor nutricional é fundamental para elevar a qualidade nutricional da dieta dos animais. Sendo assim, o objetivo com este trabalho foi determinar a melhor proporção de inclusão de titônia à silagem de sorgo e a silagem exclusiva de titônia. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de silagens de sorgo com proporções de substituição com (titônia) de 0, 25, 50, 75 e 100%, com base na matéria natural. Foram utilizados 25 silos laboratoriais, feitos de tubos de policloreto de vinil, conferindo a densidade de 600 kg m^{-3} em cada silo. Os silos foram abertos aos 365 dias após a ensilagem. Foram analisados a composição químico-bromatológica, os valores de pH, as perdas de matéria seca geradas durante o processo fermentativo, os teores de ácidos orgânicos, etanol e a população microbiana. A titônia foi eficiente na substituição ao sorgo, além de favorecer a qualidade do processo fermentativo. Houve incremento de 99,7% de proteína no material ensilado, associado às baixas perdas de nitrogênio amoniacal, além da redução das perdas, tanto de matéria seca quanto em fermentação etanólica em comparação da silagem exclusiva de sorgo com a silagem de titônia. Em todas as silagens os nutrientes foram bem preservados mesmo após 365 dias de armazenamento. Entretanto, as proporções de inclusão de titônia melhoram o padrão de fermentação e a qualidade final das silagens de sorgo, com destaque para a inclusão de 75% de titônia e para a silagem exclusiva de titônia. A silagem de sorgo com titônia ou exclusiva de titônia pode ser uma boa opção aos pecuaristas para alimentação de animais com maiores exigências proteica, principalmente, no período de escassez de forragem.

Palavras chave: alimentos alternativos, conservação de forragem, fermentação anaeróbica, girassol mexicano, sustentabilidade.

EVALUATION OF THE QUALITY OF TITONIA SILAGE IN SUBSTITUTION FOR SORGHUM

ABSTRACT

Sorghum has the potential to produce quality silage, standing out as fodder for animal feed in arid and semi-arid regions around the world, however it has a low crude protein content. Thus, the inclusion of forage species, such as *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (titonia), is essential to raise the nutritional quality of this food. Thus, the objective with this work was to determine the best proportion of inclusion of titonia to the sorghum silage and the exclusive silage of titonia. The experimental design used was completely randomized with five treatments and five replications. The treatments consisted of Sorghum bicolor (L.) (sorghum) silages with substitution proportions with (titonia) of 0, 25, 50, 75 and 100%, based on natural matter. 25 laboratory silos were used, made of polyvinyl chloride tubes, giving a density of 600 kg m⁻³ in each silo. The silos were opened 365 days after ensiling. The chemical-chemical composition, pH values, dry matter losses generated during the fermentation process, the levels of organic acids, ethanol and the microbial population were analyzed. Titonia was efficient in replacing sorghum, in addition to favoring the quality of the fermentation process. There was an increase of 99.7% of protein in the ensiled material, associated with low losses of ammoniacal nitrogen, in addition to the reduction of losses, both in dry matter and in ethanolic fermentation in comparison with the exclusive sorghum silage with the titonia silage. In all silages, nutrients were well preserved even after 365 days of storage. However, the titanium inclusion proportions improve the fermentation pattern and the final quality of the sorghum silages, with emphasis on the inclusion of 75% titonia and the exclusive titonia silage. Sorghum silage with titonia or titonia exclusive can be a good option for farmers to feed animals with higher protein requirements, especially in the period of forage scarcity.

Keywords: alternative foods, forage conservation, anaerobic fermentation, Mexican sunflower, sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O *Sorghum bicolor* (L) Moench (sorgo) é uma cultura recomendada para utilização na ensilagem devido às suas características de elevado teor energético, alta digestibilidade, produtividade e adaptação a solos de baixa fertilidade e deficiência hídrica (BERNARD *et al.*, 2015), sendo recomendada para regiões áridas e semiáridas de todo o mundo (ANÉSIO *et al.*, 2017). Chattha *et al.* (2020), avaliando híbridos de sorgo, constatou que o sorgo atende aos valores preconizados pela literatura para um bom padrão de fermentação na ensilagem, no entanto, ocorrem variações de acordo com o estágio fisiológico e idade da planta. A colheita do sorgo para silagem deve ser realizada quando os grãos estão em estágio pastoso o que resulta em menor umidade na planta nesse estágio de desenvolvimento (SANTOS *et al.*, 2018), entretanto, o sorgo pode ser considerado de baixo teor de proteína quando comparado a outras espécies forrageiras (PERAZZO *et al.*, 2017).

Nesse sentido, a inclusão de plantas não convencionais com elevado valor nutricional na ensilagem pode propiciar condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos desejáveis (MUCK, 2017), além de melhorar a conservação e a qualidade da mesma. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (titônia, girassol mexicano, margaridão ou falso girassol) atraiu a atenção em diferentes campos de pesquisa além da produção animal, incluindo seu potencial de adaptação a solos de baixa fertilidade natural, elevada produção de biomassa, elevada concentração de nutrientes, além de algumas propriedades terapêuticas. A titônia já vem sendo utilizada na alimentação de ruminantes em substituição aos alimentos convencionais. A inclusão da titônia na dieta de ovinos e bovinos não prejudica o consumo e desempenho dos animais, representando uma diminuição nos custos com alimentação. (Granados *et al.*, 2019).

Há evidências de que as plantas de titônia acumulam nitrogênio em suas folhas tanto quanto as leguminosas, resultando em alto teor proteico, também apresentam grande volume radicular, e ainda toleram condições de acidez e baixa fertilidade (SILVA *et al.*, 2018). Essa espécie vem sendo cultivada em diversos locais do mundo e seu uso na alimentação animal é uma alternativa promissora Granados *et al.* (2019). Todavia, ainda são escassos informações a respeito do padrão de fermentação dessa forrageira quando ensilada.

Gallego *et al.* (2017) sugere a hipótese de que o uso da titônia na ensilagem do sorgo pode contribuir para a redução das perdas na fermentação e no aumento do valor nutritivo da silagem. Sendo assim, o objetivou com este trabalho foi avaliar o efeito de

proporções de titônia em substituição ao sorgo na ensilagem sob a composição químico-bromatológica, padrão de fermentação e perdas de matéria seca.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), sendo a parte de armazenamento dos silos e análise laboratoriais realizadas no Campus Juscelino Kubitschek (JK), município de Diamantina. Já o cultivo, colheita das plantas e enchimento dos silos foram realizados na Fazenda Experimental do Moura, município de Curvelo. As coordenadas geográficas de Diamantina e Curvelo são respectivamente de 18°12'13.30'' e 18°44'57'' Latitude Sul; 43°34'23.76'' e 44°26'48'' Longitude Oeste e altitude de 1.288 e 672 m. O Município de Diamantina está localizado na região do Alto Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, e Curvelo na região central de Minas Gerais, Brasil. O clima da região de Diamantina classifica-se, como Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado) e de Curvelo como Aw (clima tropical com inverno seco) (SÁ JÚNIOR *et al.*, 2012).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram das silagens de *Sorghum bicolor* (L.) (sorgo) com proporções de substituição, com base na matéria natural, de 0, 25, 50, 75 e 100% com *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (titônia)

A correção da acidez do solo e adubação do sorgo foram realizadas de acordo com a interpretação da análise química e física do solo, adotando-se o método de saturação por base (ALVAREZ; RIBEIRO, 1999). O sorgo, cultivar BRS655, foi semeado com espaçamento de 0,90 m entre linhas, e com densidade de 122.223 plantas. ha⁻¹, após aração e gradagem do solo. O sorgo foi colhido manualmente quando as plantas atingiram grãos pastosos aos 110 dias após o plantio.

As recomendações de correção do solo e adubação para titônia foram realizadas de acordo com as recomendações para a cultura do girassol (ALVAREZ; RIBEIRO, 1999), pois a titônia ainda não possui recomendações agrônômicas. O plantio da titônia foi realizado utilizando caules com 70 dias de rebrotação, distribuindo-os no esquema pé com ponta nos sulcos de plantio após aração e gradagem, a uma profundidade de 0,1 m, utilizando espaçamento de 1 m entre sulcos e 0,5 m entre mudas, totalizando 50.000 plantas. ha⁻¹. As plantas inteiras de titônia foram cortadas manualmente a 0,30m do solo, no mesmo dia da colheita do sorgo, apresentando 140 dias após o plantio.

Ambas as plantas forrageiras (sorgo e titônia) após o corte foram picadas separadamente, em picadeira convencional de forragem, regulada para tamanho de partículas de 1 a 2 cm.

Foram utilizados 25 silos de policloreto de vinil (PVC) com 100 mm de diâmetro e 450 mm de altura e com tampas de PVC providas de válvula tipo Bunsen para escape dos gases da fermentação. A inclusão da titônia em substituição ao sorgo foi realizada após pesagem dos silos e das proporções de inclusão com base na matéria natural. O material a ser ensilado foi homogeneização ao sorgo antes do enchimento de cada silo. Antes da ensilagem, foram retiradas amostras do material (material original) para análise da composição químico-bromatológica de cada tratamento antes da ensilagem. A compactação foi realizada com uso de soquete de madeira até atingir a densidade de 600 kg m^{-3} . Os silos foram fechados e selados com silicone e fita adesiva. Posteriormente, foram pesados e armazenados à temperatura ambiente em local protegido até o momento de sua abertura. Os silos permaneceram fechados por 365 dias.

As perdas foram calculadas pela diferença entre o peso inicial e a matéria seca (105 °C) do material a ser ensilado e o peso final e matéria seca (105 °C) da silagem, utilizando-se a seguinte equação: $\text{Perdas (\%)} = [(\text{MSi} - \text{MSf}) / \text{MSi}] \times 100$, em que: MSi = peso inicial do silo e a MS do material a ser ensilado; MSf = peso final do silo e MS da silagem (JOBIM *et al.*, 2007).

Na abertura dos silos, uma amostra de aproximadamente 300g foi retirada de cada silo, pré-seca em estufa de ventilação forçada por 72h a 55°C e posteriormente moídas a 1mm. Em todas as amostras, bem como no material original, determinou-se os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), conforme AOAC (2000); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e a lignina (LIG), segundo Van Soest *et al.* (1991). O teor de hemicelulose (HEM) foi calculado a partir da subtração do FDN pela FDA e o teor de celulose (CEL) foi calculado a partir da subtração da FDA pela LIG segundo Silva & Queiroz (2002). As análises de carboidratos solúveis em álcool (CHOS) foram realizadas pelo método proposto por Bailey (1967). Os teores de proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) foram avaliados utilizando-se o aparelho de Análise Elementar LECO® CHNS/O (modelo TruSpec® Micro; Leco Corporation, St Joseph, MI, EUA),.

Concomitantemente, uma alíquota de 25 g de silagem foi retirada também no momento da abertura dos silos e destinada às análises de população microbiana. As amostras de silagem foram preparadas antes da análise microbiológica por uma diluição prévia em

solução salina estéril com 25 g de silagem (matéria fresca) em 225 mL de solução tampão fosfato. Em seguida, diluições sucessivas foram realizadas, utilizando tubos de tampa rosqueada com capacidade de 15 mL, contendo 9 mL de água estéril, em que foi adicionado 1 mL da solução preparada de diluição 10^{-1} , obtendo-se a diluição 10^{-2} e assim sucessivamente, com a finalidade de se obter as diluições de 10^{-1} até 10^{-10} . Posteriormente, as placas foram preparadas com meio específico para cada microrganismo estudado (SILVA *et al.*, 2018). Os microrganismos avaliados foram às bactérias ácido lácticas (BAL), fungos leveduriformes (FL), fungos filamentosos (FF) e enterobactérias (ENT) utilizando-se meios de cultura seletivos para cada grupo microbiano, sendo o MRS Ágar para as BAL, Batata Dextrose Ágar para os FF e FL e Violet Red Bile para as enterobactérias. Após a inoculação, vedaram-se as placas de Petri com papel filme para as BAL e papel alumínio para as demais e armazenou-se em posição invertida, em incubadora com temperatura controlada à 35 °C por 96 horas para a quantificação das unidades formadoras de colônia (ufc) de BAL (ÁVILA *et al.*, 2008); a 28°C para a contagem de FL (ÁVILA *et al.*, 2008) e a 28°C por 120 horas para a contagem de FF (CHAVES *et al.*, 2011).

Uma amostra de silagem, de aproximadamente 300 g, foi retirada no momento da abertura dos silos e prensada em prensa hidráulica, para obter-se o líquido extraído da silagem, sendo o volume aferido. Neste suco, imediatamente após a extração, foram determinados os valores de pH, utilizando-se potenciômetro com escala expandida (Tecnopon mPA 210®). Concomitantemente, a concentração de N-NH₃ em relação ao nitrogênio total, foi feito por destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, empregando solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,1 N.

Utilizou-se o extrato líquido obtido pela prensagem da silagem, que foi centrifugado a frio a 10.000 rpm por 10 minutos para a determinação dos ácidos orgânicos láctico, acético, butírico e propiônico e a produção de etanol no material ensilado. As soluções foram submetidas à análise de ácido orgânico e teores de etanol em cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC) com o uso da coluna C18 (Fase reversa) da marca Biorad (SILVA *et al.*, 2018).

Todos os dados foram analisados no programa estatístico Statistical Analysis System - SAS 9.1 (SAS Institute, 2003). As médias foram submetidas à análise de variância a 5% de probabilidade. Quando verificado efeito, as médias foram analisadas por regressão (linear e quadrática) e teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. A melhor equação ajustada foi escolhida de acordo com o coeficiente de determinação, o nível de significância dos coeficientes de regressão e a resposta biológica para cada característica.

3 RESULTADOS

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da composição químico-bromatológica da massa de forragem com as proporções de substituição utilizada para a confecção das silagens. A variável MS apresentou comportamento decrescente à medida que se adicionou titônia ao sorgo, onde o maior teor de MS foi observado no material exclusivo de sorgo (27,38%). Todavia, essa característica variou pouco (6%) em relação ao menor valor (25,75%), obtido na proporção de 25% de titônia em substituição ao sorgo (Tabela 1).

Para os teores de PB, houve comportamento crescente à medida que se adicionou titônia ao sorgo, sendo o maior e o menor teor de PB observados no material exclusivo de titônia (15,12%) e exclusivo de sorgo (7,86%), respectivamente. Comportamento semelhante foi observado para a variável PIDN e PIDA, com aumento nos teores à medida que se adicionou titônia ao sorgo, tendo sido observados maiores teores nas silagens exclusivas de titônia 6,99 e 1,77%, respectivamente (Tabela 1).

Observou-se um decréscimo nos teores de FDN à medida que se adicionou titônia ao sorgo, onde os menores teores observados foram nas misturas com 75% (50,56%) de inclusão ao sorgo e no material exclusivo de titônia (48,63%). Comportamento semelhante foi observado para os teores de FDA, CEL e HEM, sendo os menores teores observados no material exclusivo de titônia (25,76; 16,85; 22,87%) em comparação com o sorgo (31,29, 23,51 e 25,25%), respectivamente (Tabela 1).

Para os teores de LIG, houve um aumento nessa fração com a inclusão da titônia ao sorgo. Tendo maiores teores as silagens exclusivas de titônia (8,91%). Os teores de CHOS reduziram com a inclusão da titônia ao sorgo, apresentando maiores teores o material exclusivo de sorgo (11,81%) (Tabela 1).

Observou-se um aumento nos teores de MM com a inclusão da titônia ao sorgo, atingindo os maiores teores o material exclusivo de titônia (8,23%). Os teores de Ca aumentaram 353% com a inclusão da titônia ao sorgo, com teores de 0,19% nas plantas de sorgo e 0,86% na titônia. Os teores de P reduziram com o aumento das proporções de titônia, tendo maior média a massa a ser ensilada de sorgo (0,19%) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição químico-bromatológica do sorgo, da titônia e das proporções de substituição da titônia ao sorgo a ser ensilado.

Características	Proporções de titônia em substituição ao sorgo, %				
	0	25	50	75	100
Matéria seca (MS), % MN	27,38	25,75	26,92	26,73	26,62
Proteína bruta (PB), %MS	7,86	9,24	11,59	13,20	15,12
Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), %MS	4,25	4,42	4,76	4,76	6,99
Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), %MS	1,60	1,65	1,69	1,76	1,77
Fibra em detergente neutro (FDN), %MS	56,54	53,10	52,79	50,56	48,63
Fibra em detergente ácido (FDA), %MS	31,29	28,87	28,68	27,26	25,76
Celulose (CEL), %MS	23,51	20,93	20,31	18,48	16,85
Hemicelulose (HEM), %MS	25,25	24,23	24,11	23,30	22,87
Lignina (LIG), %MS	7,78	7,94	8,37	8,78	8,91
Carboidratos solúveis (CHOS), %MS	11,81	9,43	6,57	3,78	1,46
Matéria mineral (MM), %MS	4,46	5,62	6,38	7,17	8,23
Cálcio (Ca), %MS	0,19	0,35	0,41	0,47	0,56
Fósforo (P), %MS	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18

MN = matéria natural; MS= matéria seca.

Não houve efeito significativo para os teores de MS ($P=0,1361$) com a inclusão de proporções de titônia na silagem do sorgo, com média de 26,42% para todas as silagens (Tabela 2). Observou-se efeito significativo para os teores de PB ($P<0,0001$), em que esta variável apresentou comportamento linear crescente à medida que se adicionou titônia ao sorgo, onde o maior teor de PB foi observado na silagem com proporção de 75% de inclusão de titônia e na silagem exclusiva de titônia, 12,23 e 13,93%, respectivamente, representado aumento de 99% em comparação com a silagem exclusiva de sorgo. Comportamento semelhante foi observado para a variável PIDN ($P=0,0016$), aumentando com as proporções da titônia na ensilagem do sorgo, tendo como maior média a silagem exclusiva de titônia (3,78%). Não houve efeito significativo para os teores de PIDA ($P=0,3219$) (Tabela 2), com média de 1,52%.

Observou-se efeito significativo para os valores de $N-NH_3/NT$ ($P<0,0001$), onde o maior teor foi observado na silagem exclusiva de titônia (1,94%) e o menor teor na silagem exclusiva de sorgo (1,30%) (Tabela 2). Observou-se efeito significativo para os teores médios de FDN ($P=0,0017$) entre as silagens, em que a variável em questão apresentou comportamento linear decrescente com as maiores proporções, ou seja, os menores teores de FDN observados foram na silagem exclusiva de titônia (45,84%) e os maiores teores na silagem exclusiva de sorgo (51,57%). Não houve efeito significativo para os teores de FDA ($P=0,0866$) com média de 26,97% (Tabela 2).

Para a variável CEL ($P=0,004$), observou-se comportamento linear decrescente com a inclusão das maiores proporções da titônia, onde os maiores teores dessa fração foram observados na silagem exclusiva de sorgo (20,08%). Não houve efeito significativo para os teores de HEM ($P=0,1279$) e LIG ($P=0,3006$) com as proporções de titônia na silagem de sorgo, apresentando médias de 21,59 e 8,23% respectivamente (Tabela 2).

Observou-se efeito significativo para os teores médios de CHOS ($P<0,0001$) entre as silagens de sorgo adicionadas de proporções de titônia. Essa variável apresentou comportamento linear crescente, ou seja, à medida que adicionou a titônia na ensilagem do sorgo, observou-se aumento nos teores residuais de CHOS, sendo os teores de 0,01 e 0,17%, respectivamente, para a silagem exclusiva de sorgo e exclusiva de titônia (Tabela 2).

Houve efeito significativo da inclusão da titônia na ensilagem do sorgo em relação aos teores de MM e Ca ($P<0,0001$), com comportamento linear crescente e os maiores teores foram observados na silagem exclusiva de titônia, 8,00 e 0,54%, respectivamente, representando um aumento de 80 e 168%, respectivamente (Tabela 2). Não houve efeito significativo para os teores de P ($P=0,8887$) nas silagens avaliadas, com média de 0,18% (Tabela 2).

Houve efeito significativo da inclusão da titônia na ensilagem do sorgo em relação aos teores de MM e Ca ($P<0,0001$), com comportamento linear crescente e os maiores teores foram observados na silagem exclusiva de titônia, 8,00 e 0,54%, respectivamente, representando um aumento de 80 e 168%, respectivamente (Tabela 2). Não houve efeito significativo para os teores de P ($P=0,8887$) nas silagens avaliadas, com média de 0,18% (Tabela 2).

Os dados obtidos para as características fermentativas das silagens estão apresentados na Tabela 3. Observou-se efeito significativo para os valores de pH ($P=0,0115$), com comportamento linear crescente com as proporções da titônia na ensilagem do sorgo, onde os menores valores foram para a silagem de sorgo (3,73) e os maiores valores na silagem exclusiva de titônia (4,02), aumento de 8% (Tabela 3).

Também foi observado efeito significativo para as perdas de MS ($P<0,0001$), com comportamento linear decrescente com as proporções da titônia na ensilagem do sorgo, ou seja, ao aumentar a inclusão da titônia, houve menores perdas nas silagens, sendo as maiores perdas observadas na silagem exclusivas de sorgo (3,91%) em comparação com a silagem de titônia, representando redução nas perdas de 85% (Tabela 3).

Comportamento semelhante foi observado para os teores de AP ($P<0,0001$), onde houve um comportamento linear decrescente com as proporções da titônia na ensilagem do

sorgo, ou seja, ao aumentar a inclusão da titônia, observaram-se menores teores de AP, com redução de 91% em comparação com a silagem de sorgo. (Tabela 3).

Não houve efeito significativo da substituição para os teores de AL ($P=0,3291$) e AA ($P=0,3262$). Não foram detectadas concentrações de AB (Tabela 3).

Observou-se efeito significativo para os teores de ET ($P=0,0018$). Essa característica apresentou comportamento linear decrescente com as proporções da titônia na ensilagem do sorgo, ou seja, ao aumentar a inclusão da titônia, houve menores teores de ET nas silagens, com os menores teores de ET observados na silagem exclusiva de titônia (0,71%) e os maiores teores na silagem exclusiva de sorgo (5,09%) (Tabela 3), redução de 86%.

Quanto aos dados de contagem de BAL ($P = 0,6993$), FL ($P = 0,6964$) e FF($P = 0,7804$), não houve efeito significativo com as proporções de titônia ($P>0,05$) na silagem de sorgo, em que os teores de BAL, FL e FF apresentaram média de 4,25, 5,71 e 6,28 ufc, respectivamente. Não foi detectado ENT nas silagens avaliadas (Tabela 3).

Tabela 2. Médias e equações de regressão para a composição químico-bromatológica das silagens de sorgo, titônia e das proporções de substituição da titônia ao sorgo

Características	Proporções de titônia em substituição ao sorgo, %					Equação	R ²	CV
	0	25	50	75	100			
Matéria seca (MS), % MN	26,24a	25,77a	26,85a	26,77a	26,46a	$\hat{Y} = 26,42^{NS}$	-	2,72
Proteína bruta (PB), %MS	6,98e	8,38d	10,24c	12,23b	13,93a	$\hat{Y} = 1,775x + 5,027$	0,99*	25,33
Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), %MS	2,56c	2,86c	3,45b	3,69ab	3,78a	$\hat{Y} = 0,327x + 2,287$	0,94*	14,47
Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), %MS	1,26a	1,61a	1,64a	1,70a	1,71a	$\hat{Y} = 1,52^{NS}$	-	24,08
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), % NT	1,30e	1,63d	1,77c	1,87b	1,94a	$\hat{Y} = 0,152x + 1,246$	0,90*	13,54
Fibra em detergente neutro (FDN), %MS	51,57a	49,08ab	48,53ab	47,77ab	45,84b	$\hat{Y} = -1,277x + 52,389$	0,94*	5,79
Fibra em detergente ácido (FDA), %MS	28,00a	27,37a	27,21a	26,74a	25,53a	$\hat{Y} = 26,97^{NS}$	-	8,02
Celulose (CEL), %MS	20,08a	19,30b	19,14c	18,18d	16,76e	$\hat{Y} = -0,776x + 21,02$	0,93*	11,98
Hemicelulose (HEM), %MS	23,57a	21,71a	21,32a	21,03a	20,31a	$\hat{Y} = 17,93^{NS}$	-	14,48
Lignina (LIG), %MS	7,70a	8,07a	8,07a	8,56a	8,77a	$\hat{Y} = 8,16^{NS}$	-	11,09
Carboidratos solúveis (CHOS), %MS	0,01e	0,04d	0,09c	0,12b	0,17a	$\hat{Y} = 0,04x - 0,034$	0,99*	67,80
Matéria mineral (MM), %MS	4,44e	5,49d	6,46c	7,32b	8,00a	$\hat{Y} = 0,895x + 3,657$	0,99*	22,39
Cálcio (Ca), %MS	0,19e	0,31d	0,41c	0,46b	0,51a	$\hat{Y} = 0,085x + 0,127$	0,98*	41,83
Fósforo (P), %MS	0,16a	0,17a	0,17a	0,17a	0,17a	$\hat{Y} = 0,16^{NS}$	-	22,56

MN = matéria natural; MS = matéria seca; NT = nitrogênio total; R² = coeficiente de determinação; CV = coeficiente de variação; * = modelo significativo (P<0,05); NS = modelo não significativo. Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Médias e equações de regressão para as características fermentativas das silagens de sorgo, titônia e das proporções de substituição da titônia ao sorgo.

Características	Proporções de titônia em substituição ao sorgo, %					Equação	R ²	CV
	0	25	50	75	100			
Potencial hidrogeniônico (pH)	3,73b	3,78b	3,84ab	3,96a	4,02a	$\hat{Y} = 0,076x + 3,638$	0,98*	3,79
Perdas, %MS	3,91 ^a	2,73b	1,66c	0,93d	0,57e	$\hat{Y} = -0,848x + 4,504$	0,96*	63,24
Ácido propiônico (AP), %MS	1,61 ^a	1,16b	0,83b	0,40c	0,15c	$\hat{Y} = -0,368x + 1,934$	0,99*	68,34
Ácido láctico (AL), %MS	5,27 ^a	5,23a	6,16a	5,46a	5,54a	$\hat{Y} = 5,53^{NS}$	-	14,39
Ácido acético (AA), %MS	1,48 ^a	1,36a	1,40a	1,26a	1,25a	$\hat{Y} = 1,35^{NS}$	-	15,07
Ácido butírico (AB), %MS	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-
Etanol (ET), %MS	5,09 ^a	4,81a	2,56ab	2,26ab	0,71b	$\hat{Y} = -1,131x + 6,479$	0,94*	17,68
Bactérias ácido lácticas (BAL), log ₁₀ ufc/g	4,05 ^a	4,48a	4,46a	4,18a	4,06a	$\hat{Y} = 4,25^{NS}$	-	12,46
Fungos leveduriformes (FL), log ₁₀ ufc/g	5,53 ^a	5,61a	5,94a	5,68a	5,79a	$\hat{Y} = 5,71^{NS}$	-	22,71
Fungos filamentosos (FF), log ₁₀ ufc/g	6,34 ^a	6,34a	6,34a	6,33a	6,04a	$\hat{Y} = 6,28^{NS}$	-	17,70
Enterobactérias (ENT), log ₁₀ ufc/g	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-

MS = matéria seca; ufc = unidade formadora de colônia; R² = coeficiente de determinação; CV = coeficiente de variação; * = modelo significativo (P<0,05); NS = modelo não significativo; ND = não detectado, < 2 log₁₀ ufc/g de matéria natural. Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

4 DISCUSSÃO

O menor teor de MS encontrada foi de 26,62% para a massa a ser ensilada exclusiva de titônia, isso se deve pela menor proporção dessa fração nas plantas de titônia quando comparada as plantas de sorgo (27,38%) (Tabela 1). Uma alternativa para aumentar o teor MS e possivelmente melhorar o processo de fermentação seria a realização de uma pré-secagem do material, como é feito, por exemplo, com o capim elefante (SANTOS *et al.*, 2018). Para as plantas de titônia, valores semelhantes aos deste trabalho, foram encontrados por Granados *et al.* (2019) avaliando titônia na alimentação de cordeiros, onde esses autores encontraram teores de 28,31% de MS na silagem de titônia. Com relação ao sorgo, os resultados deste trabalho corroboram aqueles encontrados por Pinedo *et al.* (2019), que avaliaram a qualidade da silagem de dois híbridos de sorgo, o qual os teores de MS variaram de 30,16 a 31,19% para o cultivar BRS655 e para o Volumax, respectivamente. Segundo Lepcha *et al.* (2019), recomenda-se o corte do sorgo para silagem com 26 a 36% de MS, ou seja, o teor de MS do sorgo e da titônia antes de ensilar foram dentro dos limites considerados adequados para a ocorrência de uma boa fermentação.

As plantas de titônia apresentam maior teor proteico do que as gramíneas (GRANADOS *et al.*, 2019). Por isso, a maior participação da titônia na massa de forragem do sorgo com titônia e na massa exclusiva de titônia, resultaram na atual pesquisa nos maiores teores de PB (Tabela 1). Gallego *et al.* (2017) avaliando a qualidade nutricional de titônia encontraram teores de 14,01% de PB, já Chattha *et al.* (2020) avaliando diferentes cultivares de sorgo, obtiveram teores de PB de 9,1%. Teores esses semelhantes aos do presente trabalho.

Os teores relacionados aos componentes da parede celular, como PIDN, PIDA, FDN, FDA, CEL, HEM e LIG encontrados na massa a ser ensilada do sorgo, da titônia e das misturas do sorgo com titônia na atual pesquisa foram de acordo com as recomendações de Van Soest (1994) para que os teores dessas frações estejam em proporções que não interfiram no consumo dos animais, em função de uma possível diminuição da digestibilidade. Sendo as concentrações dessas frações intensificadas em estágios fenológicos mais avançados das plantas, o que nos permite inferir que no caso deste trabalho as plantas foram colhidas no momento adequado.

Os teores de CHOS da massa de sorgo a ser ensilada (11,8%) na atual pesquisa (Tabela 1) foram semelhantes aos encontrados por Chattha *et al.* (2020), onde obteve-se teores médios de 10,5% de CHOS com produção de silagem de qualidade. Pinedo *et al.*

(2019) obtiveram teores de 8,34% de CHOS. Para a titônia, teores de 1,4% foram encontrados na massa a ser ensilada, teores esses semelhantes aos obtidos Gallego *et al.* (2017) 2,01%. O teor de CHOS das plantas forrageiras no momento da ensilagem é fundamental para que os processos fermentativos se desenvolvam de forma eficiente, pois são o principal substrato para bactérias ácido lácticas produzirem os ácidos, reduzindo o pH e conservando o material ensilado de forma eficiente. Com base nos resultados encontrados pelos autores acima citados, os CHOS da massa a ser ensilada proporcionaram fermentação adequada visto que, o sorgo possui em sua composição o teor mínimo recomendado de 6 a 8% de CHOS (SILVA *et al.*, 2018). Esse comportamento foi semelhante nas silagens com maiores proporções de titônia, evidenciando a eficiência no processo fermentativo mesmos nas silagens com menores teores de CHOS, que apesar do pH final mais elevado, resultou em padrão de fermentação adequado (Tabela 1 e 2).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, verificou-se que os teores de MM (4,46%) do sorgo *in natura* foram semelhantes aos encontrado por Pinedo *et al.* (2019) 5,54%. Para a massa de titônia a ser ensilada, obteve-se teores de 8,23%. Já, Cardona, (2017) encontrou teores de 15% de MM trabalhando com titônia no desempenho de vacas holandesas, entretanto, os maiores teores de MM observados por esse autor, provavelmente se devem as condições de cultivo em solos mais férteis. Evidenciando a contribuição da titônia nessa fração, que apesar de não interferir no processo fermentativo, desempenha importante papel no metabolismo animal.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, verificou-se que os teores de MS mantiveram-se próximos a 26% com a inclusão de proporções de titônia na silagem do sorgo, não havendo efeito significativo para essa variável. Esses teores podem estar relacionados com os teores de MS encontrados tanto no sorgo quanto na titônia no momento da ensilagem (Tabela 1), entretanto, esse resultado não prejudicou os parâmetros qualitativos e a fermentação das silagens (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Cattani *et al.* (2016), que observaram silagens de excelente qualidade, com teores médios de MS de 32,4, 24,5 e 24,7% para híbridos de sorgo graníferos, forrageiros e sacarinos, respectivamente. Valores semelhantes foram encontrados por Granados *et al.* (2019), com teores de 28,3% de MS para titônia. Evidenciando que esses teores de MS podem proporcionar uma fermentação adequada, e consequentemente, produção de uma silagem de qualidade.

Segundo VAN SOEST (1994), é desejável que os teores de PB nas dietas dos ruminantes estejam acima de 7%, limite considerado crítico para o apropriado funcionamento

do ambiente ruminal. A inclusão da titônia na ensilagem do sorgo contribuiu para o aumento dos teores de PB das silagens produzidas, em todos os níveis avaliados. Esse fato foi decorrente dos elevados teores de PB presentes na titônia antes da ensilagem (Tabela 1). As silagens exclusivas de sorgo responderam com teores adequados de PB, próximos a 7%. Todavia, as silagens exclusivas de titônia apresentaram teores 100% mais elevados de PB, ou seja, dobrou os teores de PB. As exigências de PB para bovinos em terminação são de 12,5%, com base na matéria seca (BRCORTE, 2016), o que permite inferir que com o uso da titônia em proporções acima de 75% na ensilagem do sorgo ou a silagem exclusiva de titônia, podem ser alternativas viáveis para suprir a demanda proteica dessa categoria animal. Além disso, a utilização da silagem de titônia pode representar redução nos custos com alimentação, visto que pode substituir em parte o farelo de soja, por exemplo.

Os teores de PIDN e PIDA encontrados no material após a ensilagem são menores quando comparados ao material *in natura*. A redução dessas frações pode ter ocorrido devido a ação de um pH mais ácido e microrganismos que são capazes de degradar alguns componentes da parede celular. Além disso, essa redução pode favorecer a qualidade do material, visto que, estas representam a quantidade de nitrogênio do alimento que é lenta ou parcialmente degradada (proteína indisponível). Portanto, quanto maior a porcentagem de PIDN e PIDA em um alimento, menor ou mais lenta é a degradação da proteína (DANIEL *et al.*, 2017).

Com a inclusão da titônia na ensilagem de sorgo, os teores de PIDN aumentaram à medida que se aumentou as proporções de titônia, mas de forma que não foi suficiente para prejudicar a qualidade do material (Tabela 3). Esse fato pode ter ocorrido devido à composição do material original, visto que a titônia apresentou maior teor de PIDN do que o sorgo na massa a ser ensilada, com teores de 6,99 e 4,25%, respectivamente (Tabela 1). Não houve diferenças significativas para os teores de PIDA após ensilagem, sendo observados teores médios de 1,52%, esses são teores insuficientes para prejudicar a disponibilidade de PB das silagens, podendo ser comprovado pelo teor de PB das silagens e também pelo teor de N-NH₃, que foi muito baixo, evidenciando a diminuição das perdas de PB (CHATTHA *et al.*, 2020).

O baixo teor de N-NH₃ na silagem, inferior a aproximadamente 10% do nitrogênio total, indica que o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva da proteína em amônia, e os aminoácidos constituem a maior parte do nitrogênio não proteico (CHATTHA *et al.*, 2020), fato esse que pode ser comprovado pelas baixas variações nos teores de PB da massa a ser ensilada para a silagem final (Tabelas 1 e 2). Esta amônia

formada, além de inibir o consumo da silagem pelos animais, apresenta baixa eficiência na utilização do nitrogênio para a síntese proteica pelos microrganismos do rúmen, altera o curso da fermentação, impedindo ou dificultando a rápida queda de pH do material ensilado (MCKERSIE, 1985). Ao contrário, silagens com teores de N-NH₃ superior a 15% do nitrogênio total significa que a quebra de proteínas foi considerável, e tais silagens podem ser menos aceitas pelos animais, resultando em baixo consumo (VAN SOEST, 1994). No presente estudo, verificou-se que as silagens exclusivas de sorgo apresentaram menores teores de N-NH₃/NT (1,30%), entretanto, nas silagens exclusivas de titônia os valores não ultrapassaram 1,94% ocasionando em pequenas perdas de proteína do material (Tabela 2), o que evidencia a ocorrência de uma fermentação adequada na massa ensilada (Tabela 3).

O teor de FDN presente na silagem exclusiva de sorgo foi de 51,57%, já para a silagem exclusiva de titônia, 45,84% de FDN (Tabela 2). Observou-se que houve diluição dessa fração à medida que se aumentou a proporção da titônia, sendo menor na silagem exclusiva de titônia (Tabela 2). Segundo Van Soest (1994), os teores de FDN acima de 60%, constituem um dos fatores limitantes do consumo de matéria seca. Nesse trabalho todas as silagens estudadas apresentaram teores médios de FDN inferiores ao mencionado como limitante. Granados *et al.* (2019) trabalhando com substituição de alfafa por titônia cortada aos 90 dias de rebrotação para cordeiros alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar e farelo de arroz, encontraram teores de 56,2% dessa fração para a titônia *in natura*, valores esses superiores aos encontrados nesse trabalho, onde os teores de FDN na massa a ser ensilada foram de 48,6%, o que pode ser justificado pela maior proporção desse componente com o aumento da idade das plantas.

Não foram observados efeitos significativos para os teores de FDA e HEM, dessa forma, podemos concluir que tanto a silagem exclusiva de sorgo quanto as silagens com as proporções de titônia, não tiveram alteração nessas frações. Todavia, a utilização da titônia na ensilagem de sorgo favoreceu o decréscimo dessas variáveis (Tabela 2). O teor de FDA determina a qualidade da parede celular e expressa a fração insolúvel e menos digestível desta (celulose e lignina – insolúveis ou remanescentes em detergente ácido) (VAN SOEST, 1994), ou seja, quanto maior o teor de FDA de um determinado alimento, menor pode ser a digestibilidade. Já a HEM é um carboidrato fibroso com maior quebra durante o processo de fermentação, por ocorrer hidrólise de sua estrutura, para a formação de ácido acético e, ou, lático, que são importantes para a preservação da silagem (McDONALD *et al.*, 1981). Esse fato geralmente ocorre na ausência de CHOS, que são os principais substratos utilizados pelos microrganismos para produção de ácidos orgânicos. No presente estudo, a baixa utilização da

fração HEM (Tabela 2), comprova a eficiência de utilização dos CHOS pelos microrganismos para a produção dos ácidos orgânicos (Tabela 3).

Os teores de CEL nas silagens reduziram no período fermentativo em todas as silagens avaliadas (Tabela 2). A CEL, quando em altas concentrações, pode afetar a eficiência microbiana e o desempenho do animal, devido a ser lentamente fermentável no rúmen (MNICH *et al.*, 2017). Ginger-Reverdin (1995) descreveu que a CEL tem seus valores pouco alterados durante a fermentação anaeróbica, possivelmente pela dificuldade de ter suas ligações quebradas.

Segundo Van Soest (1994), a degradação dos carboidratos no rúmen ocorre por ação microbiana, em que a celulose é transformada principalmente em celobiose, maltose e glicose, que serão utilizadas como substratos energéticos para o desenvolvimento da microbiota ruminal, resultando na formação de ácidos graxos voláteis. No entanto, a celulose e a hemicelulose podem formar ligações diretas ou do tipo éster com as ligninas, o que ocasiona em redução na digestibilidade e degradabilidade destas frações. No presente estudo, a ausência de diferenças significativas e a predominância de teores de lignina em torno de 8,16%, minimizam a ocorrência dessas ligações da celulose e hemicelulose com a lignina. Esta interação entre os componentes da parede celular vegetal é influenciada pelo estágio vegetativo da planta, ou seja, com a sua maturidade, o que afeta de maneira determinante a digestibilidade nos animais ruminantes (VAN SOEST, 1994).

Todas as proporções avaliadas de titônia na ensilagem de sorgo permitiram que os teores de CEL fossem menores do que a silagem exclusiva de sorgo. Esse fato está relacionado com às características do material antes da ensilagem, como pode ser observado na Tabela 1, onde que o sorgo apresentou 23,51% de CEL, e a titônia, 16,85% de CEL.

Os teores de CHOS das silagens de sorgo reduziram após a ensilagem em todas as proporções de inclusão da titônia, inclusive nas silagens exclusivas de sorgo, alcançando teores muito baixos no momento da abertura dos silos. Evidenciando que houve consumo dos CHOS pelos microrganismos durante o processo fermentativo do material ensilado (Tabela 1 e 2), provavelmente, sendo consumido em maior quantidade pelas BAL, visto que houve uma maior produção de AL (Tabela 3), embora não significativo estatisticamente.

As silagens de sorgo adicionadas ou não da titônia apresentaram teores baixos de CHOS residuais (Tabela 2), o que contribui para evitar a ocorrência de fermentações indesejáveis após o desenvolvimento das bactérias ácido lácticas (SILVA *et al.*, 2018).

A inclusão da titônia na ensilagem de sorgo proporcionou aumento dos teores de matéria mineral (MM) das silagens, reflexo do percentual de MM da titônia que era superior

ao do sorgo, 8,23 e 4,46%, respectivamente, no material antes da ensilagem. Entretanto, esses valores não apresentaram grande variação nas silagens produzidas, 8,00 e 4,44%, para as silagens exclusivas de titônia e sorgo, respectivamente (Tabela 1 e 2). Evidenciando a correta preservação dos nutrientes durante a ensilagem, que está diretamente relacionado com as baixas perdas (Tabela 3).

O cálcio (Ca) é o segundo elemento mineral mais abundante no organismo animal, seguido do fósforo (P), e está intimamente associado ao metabolismo animal, apesar de que quase 99% do Ca do organismo estejam no esqueleto e nos dentes. Além de sua participação vital no desenvolvimento e manutenção dos tecidos esqueléticos, o Ca também é essencial no processo da coagulação sanguínea (ANDRIGUETTO *et al.*, 1990). Portanto, é de extrema importância que as dietas sejam formuladas para atender as exigências mínimas destes macrominerais nos alimentos fornecidos aos animais. A inclusão da titônia na ensilagem do sorgo favoreceu o acréscimo de 140% desses teores nas silagens da menor a maior proporção de inclusão da titônia, resultando em redução dos custos com suplementação mineral aos animais. Entretanto, os teores de P não apresentaram efeito significativo com as diferentes proporções da titônia na ensilagem do sorgo (Tabela 2).

De acordo com Woolford (1984) e McDonald *et al.* (1991), os valores de potencial hidrogeniônico (pH), juntamente com a concentração de ácidos orgânicos e de nitrogênio amoniacal, são parâmetros comumente empregados na qualificação da silagem, em que valores de pH entre 3,8 a 4,2 são esperados para uma silagem bem conservada. No presente trabalho, os valores médios mantiveram-se em 3,73, para a silagem exclusiva de sorgo, e de 4,02 para a silagem exclusiva de titônia, caracterizando as silagens como de boa qualidade (Tabela 3). Entretanto, o pH não deve ser estudado de forma isolada como parâmetro de uma fermentação desejável, pois seu efeito inibidor de microrganismos indesejáveis depende de outros fatores, como exemplo, a velocidade de redução do pH e do conteúdo de umidade do material ensilado (KUNG JR *et al.*, 2018).

Em relação às perdas nas silagens, verificou-se que houve redução com a inclusão de titônia (Tabela 3), o que indica boas condições de conservação do material ensilado. As perdas que ocorrem durante o processo fermentativo e o crescimento de bactérias indesejáveis são inibidas pela maior taxa de produção de ácido láctico, além de ser o principal responsável pela redução rápida do pH, por se tratar de um ácido mais forte do que os demais (MCDONALD; HENDERSON, 1991). Os resultados encontrados nesse trabalho para as concentrações de ácido láctico (AL) não foram significativos (Tabela 3), porém, evidenciaram

que as concentrações desse ácido permaneceram próximas à recomendada (5%) para uma silagem de qualidade (FILYA *et al.*, 2010).

As perdas durante a ensilagem estão associadas ao tipo de fermentação que ocorre no interior do silo (BORREANI *et al.*, 2017). Baixo teor de matéria seca das forrageiras a serem ensiladas pode resultar também em perdas por efluentes e desencadear o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*. As bactérias do gênero *Clostridium* são as responsáveis pela produção de ácido butírico, que promovem fermentações secundárias indesejáveis, degradação de proteína e de ácido láctico, caracterizando silagens de baixa qualidade, com perdas de nutrientes através da lixiviação, além das perdas por gases (NEGRÃO *et al.*, 2016). Todavia, não foram detectadas concentrações de ácido butírico (AB) nas silagens avaliadas. Provavelmente, houve maior controle do desenvolvimento desses microrganismos, principalmente na fase final do processo fermentativo, inferência feita baseada na ausência de produção do ácido butírico no momento da abertura dos silos, porém, não foi realizada a análise de quantificação das bactérias do gênero *Clostridium*.

Em relação às concentrações de ácido propiônico (AP) nas silagens, verificou-se que estes foram reduzidos com o aumento nas concentrações de titônia na ensilagem de sorgo, entretanto, essa redução não prejudicou o adequado processo fermentativo (Tabela 3). Os ácidos propiônico e acético (AA) são comprovadamente efetivos em inibir o crescimento de leveduras e fungos filamentosos, sendo o propiônico mais eficiente (KUNG JR *et al.*, 2018). Para as concentrações de ácido acético (AA) no presente estudo, não foram encontrados efeitos significativos (Tabela 3), entretanto, as concentrações desses ácidos permaneceram na média recomendada por McDonald (1991) que é de até 0,8% de ácido acético na MS.

As bactérias propiônicas têm a capacidade de converter ácido láctico e glicose em ácido propiônico. Em adição a esse efeito, o ácido propiônico ainda pode ser convertido em propionil-CoA que inibe a piruvato desidrogenase e então o metabolismo de glicose pelos bolores e leveduras. Isso potencializa o efeito do ácido propiônico quando comparado ao ácido acético (BROCK; BUCKEL, 2004). É possível, assim, apontar que todas as silagens avaliadas possuem concentração desses ácidos, e estes podem ter contribuído para a melhoria da conservação do material ensilado através do impedimento do maior desenvolvimento desses microrganismos indesejáveis, pelo seu efeito inibitório.

Baixos teores de etanol é fator positivo, pois a produção de etanol indica perdas no material ensilado (HAFNER *et al.*, 2015). Na tabela 3 podemos observar que a altas concentrações de CHOS presentes na massa a ser ensilada de sorgo, responderam com maior produção de ET e maiores perdas, o que nos permite inferir a possível utilização dessa maior

concentração de CHOS do sorgo para produção de ET. Efeito contrário é observado nas silagens com maiores proporções de titônia, onde há baixas concentrações de CHOS no material a ser ensilado, porém, resultou em baixa produção de ET e menores perdas.

Em relação à inclusão de titônia na ensilagem de sorgo, não houve efeito significativo das proporções e das silagens exclusivas, tanto de sorgo quanto de titônia, para as populações de bactérias ácido lácticas (BAL), fungos leveduriformes (FL) e fungos filamentosos (FF) (Tabela 3). Em todas as silagens avaliadas, não foram observados crescimentos de colônias de enterobactérias (ENT). Portanto, a titônia e sorgo apresentaram padrão de crescimento desejável para as populações dos principais microrganismos da silagem (Kung Jr., *et al.*, 2018).

O padrão de crescimento dos microrganismos nas silagens não foi influenciado pelos níveis de inclusão da titônia ao sorgo, o que possibilitou a ocorrência de um adequado processo fermentativo sem prejudicar o padrão de fermentação. A quantificação da população microbiana é importante, pois a produção dos ácidos orgânicos por esses microrganismos promove a alteração do pH, podendo influenciar na preservação do material ensilado.

Neste trabalho, os métodos de ensilagem adotados promoveram satisfatória queda dos valores de pH em todas as silagens avaliadas, contribuindo para a ausência de populações de ENT no momento da abertura das silagens. Conforme relato de Muck (1996), as ENT desenvolvem intensivamente durante os primeiros dias de ensilagem, decrescendo de forma rápida, à medida que o meio é acidificado, ou seja, quando as silagens atingem baixos valores de pH.

A ausência de ENT e a baixa população de fungos demonstram que as silagens foram bem conservadas. As BAL conseguiram manter um bom padrão fermentativo, preservando as silagens de forma adequada mesmo após um ano de armazenamento, esses resultados evidenciam a ocorrência de um adequado processo fermentativo dentro do silo.

5 CONCLUSÃO

A inclusão da *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (titônia) na silagem de sorgo melhora a qualidade final da silagem e reduz as perdas mesmo após um ano de armazenamento, com destaque para a inclusão de 75% de titônia. A silagem exclusiva de titônia possui maior qualidade e menores perdas em relação a silagem de sorgo. Assim, a inclusão de titônia na silagem do sorgo ou substituição pela silagem exclusiva de titônia são opções promissoras como alimentos alternativos aos pecuaristas em todo o mundo.

REFERÊNCIAS

- AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International, AOAC Official Method 992.23 Dr. William Horwitz Editor, vol. II, p. 24-25, 2000.
- ALVAREZ, V.H.; RIBEIRO, A.C. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**. Viçosa, MG. p.359, 1999.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. **Nutrição animal**. 4.ed. São Paulo: Nobel. v.1, p.395, 1990.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; SUGAWARA, M. S.; SILVA, M. S.; SCHWAN, R. F. Qualidade da silagem de cana-de-açúcar inoculada com uma cepa de *Lactobacillus buchneri*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, p.255-261, 2008.
- BERNARD, J. K.; TAO S. Short communication: Production response of lactating dairy cows to brachytic forage sorghum silage compared with corn silage from first or second harvest. **Journal of Dairy Science**. v.98, p. 8.994-9.000. 2015.
- BORREANI G.; TABACCO E.; SCHMIDT R. J.; HOLMES B. J.; MUCK R. E. Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**. v.101, p.3.952-3.979, 2017.
- BROCK, M.; BUCKEL, W. On the mechanism of action of the antifungal agent propionate propionyl-coA inhibits glucose metabolism in *Aspergillus nidulans*. **European Journal Biochemistry**. v. 271, p. 3.227-3.241, 2004.
- CARDONA L. Efecto de la mezcla de *Tithonia diversifolia* - *Cenchrus clandestinus* y la adición de ácidos grasos polinsaturados sobre la producción de metano in vitro y la medición in vivo de del balance nitrogenado y e desempeño productivo de vacas Holstein. Tesis de Maestría. Universidad de Antioquia; Medellín. p.1-98. 2017.
- CATTANI, M.; SARTORI, A.; BONDESAN, V.; BAILONI, L. In vitro degradability, gas production, and energy value of different hybrids of sorghum after storage in minisilos. **Annals of Animal Science**. v. 16, p. 769-777, 2016.
- CHATTHA M.U.; HASSAN M. U.; KHAN I.; CHATTHA M. B.; AAMER M.; NAWAZ M.; ANJUM S. A.; ASHRAF U.; KHARAL M. Impact of planting methods on biomass production, chemical composition and methane yield of sorghum cultivars. **Pakistan Journal Agricultural Sciences**. v. 57, p. 43-51, 2020.
- CHAVES, K. F.; SILVA, N. B. N.; VIEIRA, T. B. V.; CRUZ, W. F.; MARTINS, M. L.; MARTINS, A. D. O. Avaliação microbiana de ambientes de diferentes laticínios da região de Rio Pomba-MG. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 66, p.11-15, 2011.
- DANIEL, J. L. P.; JACOVACI F. A.; JUNGES D.; SANTOS M. C.; LIMA J. R.; ANJOS I. A.; LANDELL M. G. A.; HUHTANEN P.; NUSSIO L. G. Fibre digestibility and its relationships with chemical and morphological traits in thirty-two sugarcane varieties. **Grass Forage Science**. v.72, p. 545-555. 2017.
- DRIEHUIS, F.; WILKINSON J. M.; JIANG Y.; OGUNADE I.; ADESOGAN A. T. Animal and human health risks from silage. **Journal of Dairy Science**. v.101, p.4.093-4.110, 2018.
- FILYA, I.; SUCU E. The effects of lactic acid bacteria on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. **Grass Forage Science**. v. 65, p. 446-455, 2010.

GALLEGO L.; MAHECHA L.; ANGULO J. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. **Agronomía Mesoamericana**. v. 28, p. 213-222, 2017.

GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**. v. 55, p. 295-334, 1995.

GRANADOS E. V.; GARCÍA L. S.; GURROLA A. G.; BALLESTEROS A. H.; SOLANO L.; VALENTE F. E.; OLGUIN J. L. L. Replacement of alfalfa with *Tithonia diversifolia* in lambs fed sugar cane silage-based diets and rice polishing. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**. v.10, p.267-282, 2019.

HAFNER, S.; WINDLE M. C.; MERRILL C.; SMITH M. L.; FRANCO R. B.; L. KUNG JR. R. B. Effects of potassium sorbate and *Lactobacillus plantarum* MTD1 on production of ethanol and other volatile organic compounds in corn silage. **Animal Feed Science**. v. 208, p. 79-85. 2015.

Institute Inc. The SAS System for Windows (Statistical Analysis System), version 9.1.3. Cary (NC): SAS Institute Inc.; 2003.

JOBIM, CC, NUSSIO, LG, REIS, RA. Methodological advances in the evaluation of preserved forage quality. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-120, 2007.

KUNG JR L.; SHAVER R. D.; GRANT R. J.; SCHMIDT R. J. Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.4.020-4.033, 2018.

LEPCHA, I.; NAUMANN, H.D.; FRITSCHI, F.B.; KALLENBACH, R.L. Herbage accumulation, nutritive value, and regrowth potential of sunn hemp at different harvest regimens and maturity. **Crop Science**. v.59, p.413-421, 2019.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R. **The biochemistry of silage**. New York: John Willey. p. 226, 1981.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON; S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication. p. 340. 1991.

McKERSIE, B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. **Agronomy Journal**. v.77, p.81-86, 1985.

MNICH, E.; VANHOLME, R.; OYARCE, P.; LIU S.; LU, F.; GOEMINNE G, JØRGENSEN, B.; MOTAWIE, M.S.; BOERJAN, W.; RALPH, J.; ULVSKOV, P.; MØLLER, B.L.; BJARNHOLT, N.; HARHOLT, J. Degradation of lignin β -aryl ether units in *Arabidopsis thaliana* expressing LigD, LigF and LigG from *Sphingomonas paucimobilis* SYK-6. **Plant Biotechnology Journal**. v.15, p.581-593, 2017.

MUCK R. E.; NADEAU E. M. G.; MCALLISTER T. A.; CONTRERAS-GOVEA F. E.; SANTOS M. C.; KUNG JR L. Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.3.980-4.000, 2017.

NEGRÃO, F. M.; ZANINE, A. M.; SOUZA, A. L.; CABRAL, L. S.; FERREIRA, D. de J.; DANTOS, C. C. O. Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 17, p.13-25, 2016.

PACHECO, W.F.; CARNEIRO, M.S.S.; PINTO, A.P.; EDVAN, R.L.; ARRUDA, P.C.L.; CARMO, A.B.R. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta Veterinaria Brasilica**. v. 8, p. 155-162, 2014.

PERAZZO, A.F.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E.M.; BEZERRA, H.F.C., SILVA, T.C., PEREIRA, G.A.; RAMOS, R.C.S.; RODRIGUES, J.A.S. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. **Frontiers in Plant Science**. v.8, p.1.088-1.095, 2017.

PINEDO, L. A.; SANTOS, B. R. C.; FIRMINO, S. S.; ASSIS, L. C. S. L. C.; BRAGA, A. P.; LIMA, P. O.; OLIVEIRA, P. V. C.; PINTO, M. M. F. Sorghum silage enriched whit by-products the cupuaçu seed cake. **Brazilian Journal of Development**. v. 5, p. 633-645, 2019.

PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F.; SOUSA, W.H.; RAMOS, J.P.F.; CARVALHO, G.G.P.; PEREIRA, G.A. Performance of confined sheep fed diets based on silages of different sorghum cultivars. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.18, p.454-464, 2017.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A.; VENZKE FILHO, S.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Science Society of America Journal**, v.65, p. 1.486-1.499, 2012.

SANTOS, A.P.M.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; RIBEIRO, O.L.; PERAZZO, A.F.; PINHO, R.M.A.; MACÊDO, A.J.S.; PEREIRA, G.A. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range & Forage Science**. v.35, p.55-62, 2018.

SILVA A. M. S.; SILVA L. D.; CRUZ P. J. R.; SANTOS M. V.; SOUZAC. M. P.; FARNESIM. M. M.; GANDINIE. M. M. Production and nutritional value of *Tithonia diversifolia* in establishment period. **Livestock Research for Rural Development**. v. 30, p. 90-95, 2018.

SILVA, L. D.; PEREIRA, O. G.; SILVA, T. C.; LEANDRO, E. S.; PAULA, R. A.; SANTOS, S. A.; RIBEIRO, K. G.; VALADARES FILHO, S. C. Efeitos de *Lactobacillus buchneri* isolados de silagem de milho tropical na fermentação e estabilidade aeróbica de silagens de milho e cana-de-açúcar. **Grass and Forage Science**. v. 73, p. 660-670, 2018a.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, C. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p.235, 2002.

VALADARES FILHO, S. C.; COSTA E SILVA, L. F.; LOPES, S. A. **BR-CORTE. Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados**. 2016. Disponível em www.brcorte.com.br. Acesso em 02/02/2020.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and nostarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3.583-3.597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell Univ. Press, p.476, 1994.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, p.350, 1984.

CAPÍTULO 2- *STYLOSANTHES* SW. SPP EM SUBSTITUIÇÃO AO *SORGHUM BICOLOR* (L.) PARA SILAGEM

RESUMO

As plantas de sorgo possuem grande potencial de produção de silagem de qualidade. Existem outras plantas que também possuem grande potencial de utilização na forma de silagem, como é o caso do *Stylosanthes* spp. (estilosantes). Objetivou-se com este trabalho determinar a melhor proporção de substituição com estilosantes à silagem de sorgo, com o intuito de melhorar a qualidade nutricional das silagens. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de substituição do sorgo por estilosantes, sendo 0, 25, 50, 75 e 100%. Foram utilizados 25 silos laboratoriais, feitos de tubos de policloreto de vinil, conferindo a densidade de 600 kg m⁻³ em cada silo. Os silos foram abertos aos 365 dias após a ensilagem. Foram analisados a composição químico-bromatológica, os valores de pH, as perdas de matéria seca, os teores de ácidos orgânicos, etanol e a população microbiana. As silagens de sorgo adicionadas em todas as proporções de estilosantes avaliadas apresentaram um incremento expressivo de proteína no material ensilado, devido à contribuição do estilosantes, associado às baixas perdas e redução da fermentação etanólica, sendo que as silagens exclusivas de estilosantes proporcionou melhores resultados. Os nutrientes foram bem preservados após 365 dias de armazenamento e as silagens foram de excelente qualidade, com destaque para a silagem com 75% de inclusão de estilosantes e a silagem exclusiva de estilosantes.

Palavras chave: ensilagem, forragem, estilosantes, leguminosas, sorgo.

Stylosanthes Sw. Spp* IN REPLACEMENT TO *Sorghum bicolor (L.)* FOR SILAGE*ABSTRACT**

Sorghum plants have great potential for producing quality silage. There are other plants that also have great potential for use in the form of silage, such as *Stylosanthes* spp. (*stylosanthes*). The objective of this work was to determine the best proportion of substitution with *stylosanthes* prior to sorghum silage, in order to improve the nutritional quality of silages. The treatments consisted of five levels of substitution of sorghum for *stylosanthes*, being 0, 25, 50, 75 and 100%. 25 laboratory silos were used, made of polyvinyl chloride tubes, giving a density of 600 kg m⁻³ in each silo. The silos were opened 365 days after ensiling. The chemical-bromatological composition, pH values, dry matter losses, levels of organic acids, ethanol and the microbial population were analyzed. The sorghum silages added in all the *stylosanthes* proportions evaluated showed an expressive increase of protein in the ensiled material, due to the contribution of the *stylosanthes* agents, associated with low losses and reduction of ethanolic fermentation, and the silages exclusive of *stylosanthes* provided better results. The nutrients were well preserved after 365 days of storage and the silages were of excellent quality, with emphasis on the silage with 75% inclusion of *stylosanthes* agents and the exclusive silage of *stylosanthes* agents.

Keywords: ensilage, forage, *stylosanthes*, legumes, sorghum.

1 INTRODUÇÃO

As leguminosas forrageiras, em face da capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico e a sua contribuição para a produção animal, são essenciais para incrementar a produtividade e constituem um caminho na direção da sustentabilidade de sistemas agrícolas e pecuário (MORAIS *et al.*, 2017). A utilização de silagem de leguminosa apresenta-se como opção, por aumentar o teor proteico da dieta, além de supri-la com maior quantidade de cálcio e fósforo, reduzindo assim, o custo de produção através da menor necessidade de suplementação com concentrado proteico (BAXTER *et al.*, 1984).

Diversas espécies forrageiras podem ser utilizadas para o processo de ensilagem. Todavia, o uso das culturas de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) se destacam, devido à considerável produção de matéria seca e excelente qualidade das silagens produzidas. Segundo McDonald *et al.* (1991), o primeiro objetivo do processo de ensilagem é preservar a cultura pela fermentação natural em condições anaeróbias. O segundo é inibir a atividade de microrganismos indesejáveis como os clostrídeos e as enterobactérias, devido a sua capacidade de deteriorar a matéria orgânica e originar perdas energéticas.

As silagens de gramíneas tropicais, como o sorgo, normalmente apresentam baixos teores de proteína, o que não supre as exigências totais dos animais, sendo esse déficit normalmente atendido com alimentos concentrados, o que pode tornar onerosa à atividade pecuária. Diante desse contexto, a silagem de leguminosas tropicais, como o estilosantes cultivar Campo Grande é uma boa alternativa alimentar, elevando o teor de proteína da dieta dos animais, principalmente, em períodos de baixa disponibilidade de forragem.

Desde o seu lançamento no ano de 2000, o uso do estilosantes Campo Grande tem aumentado continuamente devido ao seu desempenho superior. Produz até 13 t/ha/ano de matéria seca, com alto teor proteico (13% a 18%), boa digestibilidade e aceitabilidade. Outras qualidades dessa forrageira é que a mesma apresenta alta adaptação à solos arenosos e ressemeadura natural com alta produção de sementes (EPIFÂNIO *et al.*, 2019).

Além de oferecido como forragem, a cultivar Campo Grande pode ser conservada em forma de silagem. Por possuírem alto teor de proteína, o processo de ensilagem das leguminosas favorecem à fermentação por *Clostridium*, os quais irão formar aminas, amônia e ácido butírico em maior concentração do que o ácido láctico produzido pelas bactérias benéficas, fazendo com 17 que não ocorra uma grande redução do pH e prejudicando o consumo voluntário dos animais (LI *et al.*, 2019).

Porém a confecção da silagem dessa leguminosa pode ter adição de uma gramínea na ensilagem, melhorando o teor de PB e fermentação, quando em relação a uma silagem exclusiva de gramínea, e melhorando a qualidade da silagem e produção de ácido láctico (MORAIS *et al.*, 2017). Quando realizada a ensilagem exclusiva de leguminosa, a mesma deve ser fornecida juntamente com um alimento com baixo teor de proteína bruta.

A opção do produtor de produzir a silagem de leguminosas pode, em muitos casos, resolver limitações de disponibilidade de nutrientes de alta qualidade. Neste contexto, surge a hipótese de que a utilização de estilosantes na ensilagem de sorgo contribui para a redução das perdas na fermentação e para o aumento na qualidade nutricional do produto final.

Dessa maneira, o presente estudo objetivou avaliar o efeito de diferentes proporções de estilosantes na ensilagem de sorgo, sob a composição químico-bromatológica e microbiológica das silagens produzidas, além de estimar as perdas de matéria seca durante o processo fermentativo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Campus JK, Diamantina, Minas Gerais, Brasil. As coordenadas geográficas de 18°12'13.30'' Latitude Sul; 43°34'23.76'' Longitude Oeste e altitude de 1.401 m. O clima da região classifica-se, segundo Köppen, como Cwb (clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado) (SÁ JÚNIOR *et al.*, 2012). O Município de Diamantina está localizado na região do Alto Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, Sudeste do Brasil.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram de silagens de *Sorghum bicolor* (L.) (sorgo) com proporções de substituição com *Stylosanthes sw. spp* (estilosantes) de 0, 25, 50, 75 e 100% com base na matéria natural.

A correção da acidez e adubação do sorgo e do foram realizadas de acordo com a interpretação da análise química e física do solo, adotando-se o método de saturação por base (ALVAREZ; RIBEIRO, 1999). O sorgo BRS655 foi semeado em espaçamento de 0,90 m entre linhas, e com densidade de 122.223 plantas. ha⁻¹, após preparo convencional do solo. O sorgo foi colhido manualmente quando as plantas atingiram grãos pastosos.

O estilosantes foi implantado na FEM na cidade Curvelo-MG, situada a 644 metros de altitude com coordenadas geográficas de 18°44'57'' Latitude Sul; 44°26'48''

Longitude Oeste. O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. As sementes do estilosantes foram distribuídas com o espaçamento de 0,40 m entre linhas. Foram usados 2 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis e as recomendações de adubação realizadas de acordo com análise do solo (ALVAREZ; RIBEIRO, 1999). O estilosantes foi colhido aos 180 dias após a semeadura, com corte aos 10 cm de altura do solo. Sorgo e estilosantes após o corte manual foram picadas, separadamente, em picadeira convencional de forragem, regulada para tamanho de partículas de 1 a 2 cm.

A inclusão do estilosantes em substituição ao sorgo foi realizada com base nas proporções de inclusão matéria natural. O material a ser ensilado foi homogeneizado ao sorgo antes do enchimento do silo. Antes da ensilagem, foram retiradas amostras do material para análise da composição químico-bromatológica de cada tratamento. Foram utilizados 25 silos de policloreto de vinil (PVC) com 100 mm de diâmetro e 450 mm de altura e com de tampas de PVC providas de válvula tipo Bunsen para escape dos gases da fermentação. A compactação foi realizada com uso de soquete de madeira até atingir a densidade de 600 kg m⁻³. Os silos foram selados com silicone e fita adesiva, foram pesados e armazenados à temperatura ambiente em local protegido até o momento de sua abertura. Os silos permaneceram fechados por 365 dias.

No momento da abertura dos silos, os mesmos foram pesados. As perdas foram calculadas pela diferença entre o peso inicial e a matéria seca (105 °C) do material a ser ensilado e o peso final e matéria seca (105 °C) da silagem, utilizando-se a seguinte equação: $\text{Perdas (\%)} = [(MSi - MSf) / MSi] \times 100$, em que: MSi = peso inicial do silo e a MS do material a ser ensilado; MSf = peso final do silo e MS da silagem (JOBIM *et al.*, 2007).

Na abertura dos silos uma amostra de aproximadamente 300g foi pré-seca em estufa de ventilação forçada por 72h a 55 °C e posteriormente moídas a 1 mm. Em todas as amostras, bem como no material original, determinou-se os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), conforme AOAC (1995); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e a lignina (LIG), segundo Van Soest *et al.* (1991). O teor de hemicelulose (HEM) foi calculado a partir da subtração do FDN pela FDA. As análises de carboidratos solúveis em álcool (CHOS) foram feitas pelo método proposto por Bailey (1967). Os teores de proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) foram avaliados utilizando-se o aparelho de Análise Elementar LECO[®] CHNS/O (modelo TruSpec[®] Micro; Leco Corporation, St Joseph, MI, EUA).

Concomitantemente, uma alíquota de 25 g de silagem foi retirada também no momento da abertura dos silos e destinada às análises de população microbiana (SILVA *et al.*, 2018). As amostras de silagem foram preparadas antes da análise microbiológica por uma diluição prévia em solução salina estéril com 25 g de silagem (matéria fresca) em 225 mL de solução tampão fosfato. Em seguida, diluições sucessivas foram realizadas, utilizando tubos de tampa rosqueada com capacidade de 15 mL, contendo 9 mL de água estéril, em que foi adicionado 1 mL da solução preparada de diluição 10^{-1} , obtendo-se a diluição 10^{-2} e assim sucessivamente, com a finalidade de se obter as diluições de 10^{-1} até 10^{-10} . Posteriormente, as placas foram preparadas com meio específico para cada microrganismo estudado. Os microrganismos avaliados foram às bactérias ácido lácticas (BAL), fungos leveduriformes (FL), fungos filamentosos (FF) e enterobactérias (ENT).

Após a inoculação, vedaram-se as placas de Petri com papel filme para as BAL e papel alumínio para as demais e armazenou-se em posição invertida, em incubadora com temperatura controlada à 35 °C por 96 horas para a quantificação das unidades formadoras de colônia (ufc) de BAL (ÁVILA *et al.*, 2008); a 28 °C para a contagem de FL (ÁVILA *et al.*, 2008) e a 28 °C por 120 horas para a contagem de FF (CHAVES *et al.*, 2011).

Uma amostra de silagem, de aproximadamente 300 g, foi retirada no momento da abertura dos silos e prensada em prensa hidráulica, para obter-se o líquido extraído da silagem, sendo o volume aferido. Neste suco, imediatamente após a extração, foram determinados os valores de pH, utilizando-se potenciômetro com escala expandida (Tecnopon mPA 210[®]). Concomitantemente, a concentração de N-NH₃, em relação ao nitrogênio total, foi feito por destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio, empregando solução receptora de ácido bórico e titulação com ácido clorídrico a 0,1 N.

Utilizou-se o extrato líquido obtido pela prensagem da silagem, que foi centrifugado a frio a 10000 rpm por 10 minutos para a determinação dos ácidos orgânicos láctico, acético, butírico e propiônico. Além desses ácidos orgânicos, avaliou-se também a produção de etanol no material ensilado. As soluções foram submetidas à análise de ácido orgânico em cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC) e teores de etanol com o uso da coluna C18 (Fase reversa) da marca Biorad (SILVA *et al.*, 2018a).

Todos os dados foram analisados no programa estatístico Statistical Analysis System - SAS 9.1 (SAS Institute, 2003). As médias foram submetidas à análise de variância a 5% de probabilidade. Quando verificado efeito, as médias foram analisadas por regressão (linear e quadrática) e teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. A melhor equação

ajustada foi escolhida de acordo com o coeficiente de determinação, o nível de significância dos coeficientes de regressão e a resposta biológica para cada característica.

3 RESULTADOS

Na Tabela 1 está relacionada à composição químico-bromatológica da massa de forragem com as proporções de substituição utilizado para a confecção das silagens. A variável MS apresentou comportamento crescente à medida que se adicionou estilosantes ao sorgo, onde os maiores teores de MS foram observados no material exclusivo de estilosantes (37,95%) e os menores teores dessa fração foram observados no material exclusivo de sorgo (27,38%) (Tabela 1).

Para os teores de PB houve comportamento crescente à medida que se adicionou estilosantes ao sorgo, onde os maiores teores foram observados nas misturas com 75% de inclusão de estilosantes (11,62%) e no material exclusivo de estilosantes (13,68%) e os menores teores no material exclusivo de sorgo (7,86%). Comportamento semelhante foi observado para a variável PIDN, em que houve um comportamento linear crescente à medida que se adicionou estilosantes ao sorgo, tendo como maiores teores de PIDN o material exclusivo de estilosantes (5,77%). Para os teores de PIDA houve um comportamento crescente até a proporção de 25% com decréscimo na proporção de 50% retorna o aumento na proporção de 75% e decresce no material exclusivo de estilosantes, sendo os maiores teores dessa fração observados nas misturas com 75% de inclusão de estilosantes ao sorgo 1,48% (Tabela 1).

Observou-se um decréscimo nos teores de FDN à medida que se adicionou estilosantes ao sorgo a partir da inclusão de 25%, onde os maiores teores observados foram nas misturas com 25% (58,65%) de inclusão de estilosantes ao sorgo e no material exclusivo de sorgo (56,54%). Para os teores de FDA e CEL houve um decréscimo dessas frações à medida que se adicionou estilosantes as misturas com o sorgo sendo os maiores teores observados no material exclusivo de sorgo (31,29 e 23,52, respectivamente). Nos teores de HEM, observou-se um decréscimo à medida que se adicionou estilosantes ao sorgo a partir da inclusão de 25%, onde os maiores teores observados foram nas misturas com 25% (27,46%) de inclusão de estilosantes ao sorgo e no material exclusivo de sorgo (25,24%) (Tabela 1).

Para os teores de LIG, houve um aumento nessa fração com a inclusão do estilosantes ao sorgo. Sendo os maiores teores observados no material exclusivo de

estilosantes (9,71%). Os teores de CHOS reduziram com a inclusão do estilosantes ao sorgo, apresentando maiores teores o material exclusivo de sorgo (11,81%) (Tabela 1).

Observou-se um aumento nos teores de MM com a inclusão do estilosantes ao sorgo, atingindo os maiores teores o material exclusivo de estilosantes (5,47%). Para os teores de Ca, as maiores médias foram observadas nas misturas com inclusão de 75% de estilosantes (0,72%) e no material exclusivo de estilosantes (0,72%). Os teores de P apresentaram maiores médias no material exclusivo de estilosantes (0,21%) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição químico-bromatológica do sorgo, do estilosantes e das proporções de substituição do estilosantes ao sorgo a ser ensilado.

Características	Proporções de estilosantes em substituição ao sorgo %				
	0	25	50	75	100
Matéria seca (MS), % MN	27,38	30,41	33,35	36,00	37,95
Proteína bruta (PB), %MS	7,86	9,24	10,03	11,62	13,68
Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), %MS	4,25	4,56	4,65	5,19	5,77
Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), %MS	0,68	1,14	1,04	1,48	0,82
Fibra em detergente neutro (FDN), %MS	56,54	58,65	51,82	50,41	48,80
Fibra em detergente ácido (FDA), %MS	31,29	31,19	28,93	28,59	27,54
Celulose (CEL), %MS	23,52	22,42	20,03	19,10	17,84
Hemicelulose (HEM), %MS	25,24	27,46	22,89	21,81	21,26
Lignina (LIG), %MS	7,78	8,76	8,91	9,50	9,71
Carboidratos solúveis (CHOS), %MS	11,81	8,38	5,49	2,69	0,92
Matéria mineral (MM), %MS	4,46	4,78	4,91	5,04	5,47
Cálcio (Ca), %MS	0,19	0,51	0,69	0,72	0,72
Fósforo (P), %MS	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21

MN = matéria natural; MS = matéria seca.

Os dados da análise estatística obtidos para a composição químico-bromatológica estão apresentados na Tabela 2. Observou-se comportamento linear ($P < 0,0001$) para os teores de MS e PB, apresentando teores crescentes em função do aumento na inclusão de estilosantes nas silagens de sorgo, onde os maiores teores foram observados na silagem exclusiva de estilosantes 39,95% de MS e 12,53% de PB. Para os teores de PIDA ($P < 0,0001$) foi observado efeito significativo com teores decrescentes dessa variável entre as silagens de sorgo com as proporções de estilosantes apresentando menores teores a silagem exclusiva de estilosantes e os maiores teores foram observados na silagem exclusiva de sorgo, entretanto, não houve efeito significativo nos teores de PIDN ($P = 0,1084$) (Tabela 2).

Houve efeito significativo para os teores médios de nitrogênio amoniacal em relação ao $N-NH_3/NT$ ($P < 0,0001$) entre as silagens de sorgo adicionadas com as proporções de estilosantes. Onde os maiores teores dessa fração foram observados na silagem com 75% (1,80%) de inclusão de estilosantes e na silagem exclusiva de estilosantes (1,97%) (Tabela 2).

Observou-se efeito significativo entre as silagens de sorgo com as proporções de estilosantes para os teores de FDA ($P = 0,0025$) e CEL ($P < 0,0001$) sendo os maiores teores dessas frações observados na silagem exclusiva de sorgo. Efeito significativo também foi observado nos teores de LIG ($P < 0,0001$), apresentando maior média dessa fração a silagem exclusiva de estilosantes (9,58%) e menor média a silagem exclusiva de sorgo (8,26%).

Os tratamentos influenciaram os teores de FDA e CEL que, reduziram os valores em geral em função da inclusão de estilosantes na silagem, sendo maiores na silagem exclusiva de sorgo (29,66% de FDA e 21,40% de CEL) e menores na silagem exclusiva de estilosantes (26,14% de FDA e 16,57% de CEL). As concentrações de LIG aumentaram com a inclusão do estilosantes, com maiores médias na silagem exclusiva de estilosantes. Não houve efeito significativo para os teores de fibra em detergente neutro (FDN) ($P = 0,1977$) e hemicelulose (HEM) ($P = 0,2097$) com as proporções de inclusão de estilosantes na ensilagem do sorgo (Tabela 2).

Houve efeito significativo para os teores médios de CHOS ($P = 0,003$) entre as silagens de sorgo adicionadas com proporções de estilosantes. Observou-se maiores teores na silagem com 75 % de inclusão do estilosantes (0,11%) e nas silagem exclusiva de estilosantes (0,12%).

Observou-se comportamento linear crescente ($P < 0,0001$) para os teores de MM, Ca e P entre as silagens de sorgo com as proporções de estilosantes, apresentando os maiores teores a silagem exclusiva de estilosantes, 5,28; 0,72 e 0,17%, respectivamente (Tabela 2).

Os dados da análise estatística obtidos para as características fermentativas das silagens estão apresentados na Tabela 3.

Observou-se efeito significativo para os valores de pH ($P < 0,0001$) com comportamento linear crescente com o aumento nas proporções de inclusão do estilosantes e com maiores valores foram na silagem exclusiva de estilosantes (4,54) e o menor valor na silagem exclusiva de sorgo (3,82%) (Tabela 3).

Efeito significativo também foi observado nos valores de perdas ($P < 0,0001$), porém, comportamento contrário foi observado para essa variável, em que apresentou comportamento linear decrescente com o aumento nas proporções de inclusão, ou seja, ao aumentar a inclusão do estilosantes, houve menores perdas nas silagens, sendo os menores valores dessa variável observados na silagem exclusiva de estilosantes.

Houve efeito significativo para os teores médios de AP ($P = 0,0084$) e AA ($P < 0,0001$) com comportamento quadrático e comportamento linear decrescente para a variável ET ($P = 0,0308$) entre as silagens de sorgo adicionadas com diferentes proporções de

estilosantes. Os maiores teores de AP foram observados na silagem exclusiva de sorgo (1,53%), seguido pela silagem com 25% de inclusão de estilosantes (0,99%). Para a variável ET, os menores teores foram observados na silagem exclusiva de estilosantes (0,81%).

Não houve efeito significativo para os teores de AL ($P = 0,3123$) com as proporções de inclusão de estilosantes na ensilagem do sorgo. Não houve concentração de AB (Tabela 3).

Quanto aos dados de contagem de BAL ($P < 0,0001$) e FL ($P < 0,0001$) houve efeito significativo com comportamento quadrático, sendo as maiores médias observadas na silagem com 25% de inclusão de estilosantes (5,07%) para as BAL e na silagem exclusiva de sorgo (4,94%) para os FL. Efeito significativo também foi observado para os FF ($P = 0,0034$), com comportamento linear crescente entre as proporções de inclusão de estilosantes na ensilagem de sorgo, sendo as menores médias observadas na silagem exclusiva de sorgo (3,30%). Não houve contagem de ENT (Tabela 3).

Tabela 2. Médias e equações de regressão para a composição químico-bromatológica das silagens de sorgo, estilosantes e das proporções de substituição do estilosantes ao sorgo.

Características	Proporções de estilosantes em substituição ao sorgo,%					Equação	R ²	CV
	0	25	50	75	100			
Matéria seca (MS), % MN	27,85e	30,38d	33,35c	36,08b	37,95a	$\hat{Y} = 2,59x + 25,352$	0,99*	11,12
Proteína bruta(PB), %MS	6,93d	8,06cd	9,09c	11,15b	12,53a	$\hat{Y} = 1,429x + 5,265$	0,98*	22,00
Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), %MS	2,53a	2,66a	2,70a	2,94a	3,15a	$\hat{Y} = 2,80^{NS}$	-	9,48
Proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), %MS	1,80a	1,29b	1,02c	0,99d	0,88e	$\hat{Y} = -0,214x + 1,838$	0,84*	29,40
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), % NT	1,28e	1,49d	1,60c	1,80b	1,97a	$\hat{Y} = 0,169x + 1,121$	0,99*	14,57
Fibra em detergente neutro (FDN), %MS	51,51a	48,79a	47,77a	47,12a	46,45a	$\hat{Y} = 48,33^{NS}$	-	6,33
Fibra em detergente ácido (FDA), %MS	29,66a	27,73b	26,96bc	26,79bc	26,14c	$\hat{Y} = 0,2257x^2 - 2,1523x + 31,43$	0,96*	4,73
Celulose (CEL), %MS	21,40a	19,30b	18,25bc	17,83c	16,57d	$\hat{Y} = -1,113x + 22,009$	0,94*	9,05
Hemicelulose (HEM), %MS	21,85a	21,06a	20,81a	20,33a	20,31a	$\hat{Y} = 20,87^{NS}$	-	12,18
Lignina (LIG), %MS	8,26c	8,42c	8,72bc	8,96b	9,58a	$\hat{Y} = 0,318x + 7,834$	0,94*	6,02
Carboidratos solúveis (CHOS), %MS	0,03d	0,06c	0,09b	0,11a	0,12a	$\hat{Y} = 0,023x + 0,013$	0,97*	39,96
Matéria mineral (MM), %MS	4,43b	4,86ab	5,02a	5,20a	5,28a	$\hat{Y} = 0,204x + 4,346$	0,92*	7,72
Cálcio (Ca), %MS	0,19b	0,35b	0,60a	0,61a	0,72a	$\hat{Y} = 0,13x + 0,106$	0,92*	42,01
Fósforo (P), %MS	0,15d	0,16cd	0,16bc	0,17ab	0,17a	$\hat{Y} = 0,005x + 0,147$	0,92*	4,58

MN = matéria natural; MS = matéria seca; NT = nitrogênio total; R² = coeficiente de determinação; CV = coeficiente de variação; * = modelo significativo (P<0,05); NS = modelo não significativo. Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Médias e equações de regressão para características fermentativas das silagens de sorgo, estilosantes e das proporções de substituição do estilosantes ao sorgo.

Características	Proporções de estilosantes em substituição ao sorgo, %					Equação	R ²	CV
	0	25	50	75	100			
Potencial hidrogeniônico (pH)	3,82e	3,93d	4,08c	4,19b	4,54a	$\hat{Y} = 0,17x + 3,602$	0,94 [*]	6,04
Perdas, %MS	3,26a	2,45b	1,80c	1,06d	0,57e	$\hat{Y} = -0,677x + 3,859$	0,99 [*]	53,88
Ácido propiônico (AP)	1,53a	0,99ab	0,92b	0,61b	0,64b	$\hat{Y} = 0,0643x^2 - 0,6017x + 2,036$	0,95 [*]	45,75
Ácido láctico (AL)	4,59a	4,37 ^a	4,56a	4,02 ^a	2,54a	$\hat{Y} = 4,0156^{NS}$	-	27,53
Ácido acético (AA)	1,52a	1,03b	1,02b	1,07b	1,67a	$\hat{Y} = 0,16x^2 - 0,926x + 2,28$	0,97 [*]	28,11
Ácido butírico (AB)	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-
Etanol (ET)	4,35a	2,98ab	1,26b	1,30b	0,81b	$\hat{Y} = 0,2514x^2 - 2,3846x + 6,528$	0,97 [*]	16,63
Bactérias ácido lácticas (BAL), log ₁₀ ufc/g	4,84ab	5,07 ^a	4,64bc	4,54bc	4,41c	$\hat{Y} = -0,0279x^2 + 0,0281x + 4,922$	0,76 [*]	6,27
Fungos leveduriformes (FL), log ₁₀ ufc/g	4,94a	4,53 ^a	3,70b	4,48bc	3,02c	$\hat{Y} = -0,035x^2 - 0,179x + 5,056$	0,65 [*]	18,95
Fungos filamentosos (FF), log ₁₀ ufc/g	3,30c	3,38c	3,79b	3,95b	4,78a	$\hat{Y} = 0,353x + 2,781$	0,89 [*]	14,88
Enterobactérias (ENT), log ₁₀ ufc/g	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-

MS = matéria seca; ufc = unidade formadora de colônia; R² = coeficiente de determinação; CV = coeficiente de variação; * = modelo significativo (P<0,05); NS = modelo não significativo; ND = não detectado, < 2 log₁₀ ufc/g de matéria natural. Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade.

4 DISCUSSÃO

O sorgo é rico em fibras (56,5% de FDN e 31,29% de FDA), juntamente com a baixa concentração de proteínas (7,86%). O sorgo é considerado uma forragem com características desejáveis para a ensilagem, apresentando teores de CHOS satisfatórios (Tabela 1). Entretanto, o sorgo pode apresentar concentrações de PB insuficientes para atender às necessidades do animal. Em comparação ao sorgo, o estilosantes apresenta teores mais elevados de PB (13,68%), e teores de FDN e FDA mais baixos 48,80 e 27,54%, respectivamente. Assim, o estilosantes demonstra características que possibilita a melhora no valor nutricional do sorgo. Li *et al.* (2019) avaliando a composição química do estilosantes cv. Campo Grande obteve resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo. Teores semelhantes também foram encontrados por Chattha *et al.* (2020) avaliando diferentes cultivares de sorgo.

O sorgo *in natura* apresentou baixos teores de MS 27,38%, o que pode ocasionar em problemas para a silagem (Tabela 2). Além disso, as ensilagens exclusivas de sorgo apresentaram maiores perdas (Tabela 3), e estas perdas podem estar associadas a esse baixo teor de MS do sorgo no momento da ensilagem, ou seja, quanto menor o teor de MS no material *in natura*, maiores as perdas associadas, tanto pela produção de efluentes quanto pela produção de etanol. Para evitar esses problemas, McDonald (1991) recomenda ensilar materiais com teores de MS entre 30-35%. Materiais com teores de MS inferiores a 30% podem ocasionar perdas de MS pela produção de efluentes e de gases, o que reduz e muito a qualidade em termos nutricionais; e teores acima de 35% dificultam a compactação e a expulsão do oxigênio do meio.

O baixo teor de MS ocorre em função do seu período de colheita, ocorrendo quando o grão atinge estágio pastoso (SANTOS *et al.*, 2018), sofrendo interferência também pelo período chuvoso ou pela irrigação, resultando em maiores perdas por efluentes devido ao alto teor de umidade da silagem (ABDELHALIM *et al.*, 2019). Esse fato reflete diretamente no aumento da matéria orgânica da silagem em relação ao material *in natura*, sendo estas oscilações ocorridas na matéria orgânica, atribuída à variabilidade do material, juntamente com o alto teor de umidade do mesmo (BORREANI *et al.*, 2018).

O estilosantes *in natura* apresentou teores de MS de 37,95%, o que possibilitou inferir que o estilosantes promoveu incrementos nos teores de MS nas ensilagens de sorgo

(Tabela 1), o que está de acordo com as recomendações de McDonald, Henderson e Heron (1991).

Houve efeito aditivo na concentração de PB devido ao maior percentual desse nutriente no estilosantes, se comparado ao sorgo (13,68% e 7,86%, respectivamente). Com exceção da silagem exclusiva de sorgo, todas as silagens apresentaram teor de PB acima de 7%, percentual mínimo recomendado para um bom funcionamento ruminal, já as recomendações de exigência de PB para animais de produção são acima de 12% (VAN SOEST, 1994), porém esse aproveitamento deve-se às frações proteicas, onde algumas frações são mais aproveitadas do que outras (Tabela 2). Com aumento do percentual de inclusão do estilosantes nas silagens de sorgo (Tabela 1) ocorreu aumento no teor proteico das silagens, decorrente do maior teor de proteína da leguminosa (EPIFÂNIO *et al.*, 2019).

As silagens produzidas apresentaram menores teores de PB do que o material *in natura*, indicando que houve perdas desse nutriente ao longo do processo fermentativo (Tabela 1 e 2). A boa compactação dos silos, presença de carboidratos solúveis, associado aos maiores teores de MS que o estilosantes disponibilizou ao meio, possivelmente, minimizaram essas condições desfavoráveis, proporcionando boas condições fermentativas.

Verificou-se que as silagens com diferentes proporções de estilosantes na ensilagem de sorgo apresentaram teores crescentes de PIDN até os níveis de 100%, apesar de não haver diferença significativa. Este fato pode ter ocorrido devido ao acréscimo de PIDN fornecido pelo estilosantes no momento da ensilagem, em que apresentaram 5,77% de PIDN. Essa fração representa parcialmente a quantidade de proteína indisponível para o animal onde os teores médios observados foram de 2,80% de PIDN (Tabela 2).

A análise dos teores de PIDA no alimento é de grande importância, pois representa a fração do N-total indisponível ao animal, uma vez que é oriunda da complexação de compostos proteicos com a FDA. Desta forma, quanto menor for a relação PIDA/NT, maior será a quantidade de N e, conseqüentemente, de PB disponível ao metabolismo animal, melhorando a sua digestibilidade (EPIFÂNIO *et al.*, 2019). Nesse trabalho, verificou-se que as silagens com diferentes proporções de estilosantes apresentaram comportamento linear decrescente de seus teores à medida que se aumentou a proporção de inclusão desta leguminosa (Tabela 2) demonstrando que a inclusão de estilosantes proporciona maior proteína disponível na dieta para o animal.

Outro parâmetro que ajuda a avaliar a qualidade da silagem é o N-NH₃/NT, produto resultante da fermentação do material ensilado. Neste trabalho, os valores observados foram em média de 1,6%, não afetando a qualidade das silagens, estando de acordo com Kung

Jr. *et al.* (2018) que relataram concentrações menores que 10% N-NH₃/NT, como resultante de um adequado processo fermentativo. Pode-se sugerir que esse aumento de N-NH₃/NT é causado pela atividade bacteriana da proteína que envolve os grânulos de amido (LIMA *et al.*, 2017). Estudos como de Lima *et al.* (2017), demonstram relações positivas entre a digestibilidade do amido com N-NH₃/NT à medida que aumenta o tempo de armazenamento. Para McDonald, *et al.* (1991), as bactérias ácido lácticas podem agir com proteolíticas, mesmo não tendo esta característica, quando o ambiente é limitado de nutriente ou tem baixo poder de síntese de aminoácidos. Essa pode ser uma explicação para o fato de as silagens apresentarem valores crescentes para N-NH₃/NT com aumento na proporção de estilosantes à ensilagem de sorgo (Tabela 2).

De modo geral, houve redução sem diferença significativa nos teores de FDN das silagem, com teores de 51,51% para as silagens exclusivas de sorgo e 46,45% para as silagens exclusivas de estilosantes (Tabela 2). Estes resultados estão associados aos menores teores de FDN do estilosantes em relação ao sorgo no momento da ensilagem (Tabela 1).

Altos valores de FDA podem ter efeito negativo na digestibilidade, pois podem restringir a qualidade da fração fibrosa das silagens, podendo limitar sua utilização para categorias de animais mais exigentes (ABDELHALIM *et al.*, 2019). O decréscimo no teor de FDA das silagens com a substituição crescente do sorgo pelo estilosantes encontrados neste trabalho deve-se ao menor conteúdo dessa fração no estilosantes em relação ao sorgo.

Para os valores de CEL, houve resposta linear com decréscimo significativo na medida em que houve a inclusão em maior proporção na ensilagem de sorgo, sendo a celulose reduzida de 21,40% em silagens exclusivas de sorgo para 16,41% ao se utilizar silagens exclusivas de estilosantes (Tabela 2). Esse resultado deve-se possivelmente, ao efeito de diluição do estilosantes, pois o mesmo apresentava 17,84% de CEL antes de ser ensilado e o sorgo 23,52% (Tabela 1).

Quanto HEM, houve redução sem diferença significativa no teor da mesma, variando de 22,95% (nas silagens exclusivas de sorgo) a 20,31% nas silagens exclusivas de estilosantes (Tabela 2). Como as bactérias utilizam a HEM como substrato para fermentação segundo McDONALD (1981) é possível que tal fato justifique a redução deste nutriente nas silagens. Outra justificativa seria que o efeito de diluição que o estilosantes apresenta nessa fração em relação ao sorgo nas plantas *in natura*.

Observou-se menores concentrações nos teores de LIG nas silagens exclusivas de sorgo, com teores médios de 8,26% (Tabela 2). A silagem de estilosantes apresentou 13,78% a mais no teor de LIG perante a silagem de sorgo nas análises realizadas com as forrageiras

solteiras (Tabela 2). Segundo Lima, *et al.* (2017), o aumento nos teores de LIG pode favorecer a ligação desta com as proteínas e os carboidratos, complexando-os. A LIG está concentrada principalmente na parede celular das leguminosas, podendo causar a redução na degradação dos nutrientes ligados à esta fração. Considera-se que a LIG está contida na fração de FDA, o que permite inferir que a mesma influencia nos teores de fibras que atuam diretamente na digestibilidade do alimento pelos animais (VAN SOEST, 1994).

Os teores de FDN e de FDA diminuíam com as proporções crescentes de estilosantes na ensilagem do sorgo, e os teores de LIG apresentaram comportamento contrário, visto que aumentaram com as maiores proporções. Segundo Chattha *et al.* (2020) a LIG é um fator determinante na qualidade da forrageira, pois é a fração considerada capaz de limitar a digestibilidade de nutrientes, reduzindo, portanto, a qualidade nutricional do alimento.

De forma geral, o sorgo apresenta valores de CHOS de acordo com a recomendação de McDonald, *et al.* (1991), possuindo mais de 3% de CHOS, no presente trabalho o sorgo apresentou teores de 11,81% no material *in natura*. O teor de CHOS do sorgo atende os valores mínimos preconizados, permitindo que haja substrato para que os microrganismos cresçam e se desenvolvam, produzindo ácidos orgânicos. Esses ácidos orgânicos acidificam o meio, ou seja, reduzem o pH (DANIEL *et al.*, 2019).

O excesso de CHOS presente no sorgo pode resultar em uma fermentação etanólica caso o meio não seja controlado, possibilitando uma faixa de pH que promova o desenvolvimento de leveduras, implicando em aumento das perdas fermentativas e a uma baixa estabilidade aeróbia após abertura do silo, principalmente porque o ácido láctico produzido e os carboidratos solúveis residuais são utilizados como substratos por microrganismos indesejáveis que deterioram a silagem (SANTOS *et al.*, 2018). Entretanto, os CHOS residuais presentes em todas as silagens estudadas são muito baixos, o que nos permite inferir que esses CHOS residuais foram praticamente totalmente consumidos pelos microrganismos durante o processo fermentativo.

Quanto aos teores de MM, observou-se teor médio de 5,3% nas silagens exclusivas de estilosantes (Tabela 2). Teixeira *et al.* (2010) relataram valores superiores das frações folhas e colmos em *S. guianensis* cv. Bandeirantes (11,5 e 8,2%), *S. guianensis* cv. Cook (11,4 e 10,6%), *S. guianensis* cv. Mineirão (10,7 e 8,7%) e *S. macrocephala* cv. Pioneiro (12,2 e 8,3%), respectivamente.

Pode-se observar que houve um acréscimo nos valores de MM na medida em que se aumentaram as proporções de estilosantes na ensilagem de sorgo (Tabela 2). Este

comportamento ocorre devido a maior concentração de MM nas plantas de estilosantes 5,47% (Tabela 1).

O Ca e o P são os dois minerais requeridos em maior quantidade pelo organismo animal (NRC, 2001), entretanto, é necessário atentar para a proporção de cada elemento na silagem. Andriguetto e Perly (1990) recomendaram na dieta de animais em crescimento, alimentos com relação Ca:P de 2:1, para que não haja mobilização do cálcio dos ossos pelo organismo do animal para suprir a necessidade do elemento no caso de excesso de P. Os resultados obtidos nesse trabalho 0,19 e 0,15% de Ca e P, respectivamente, demonstram que as silagens exclusivas de sorgo foram as que apresentaram a relação de 2:1 entre Ca e P (Tabela 2) respeitada.

Um dos parâmetros que influencia na qualidade da silagem é o pH da mesma, sendo que, para ótima conservação da forragem, a recomendação é de 4,2 (BADIGANNAVAR *et al.*, 2015), o que vai de encontro com os valores encontrados nesse estudo, que variaram entre e 3,8 e 4,5 (Tabela 3).

Os resultados de perdas indicam que a substituição do sorgo por estilosantes pode minimizar as perdas. Corroborando com as perdas está a ausência nas concentrações de AB observados nas silagens (Tabela 3), indicando a não ocorrência de fermentação indesejada que podem ser responsáveis por até 51 % de perda na MS (SILVA *et al.*, 2018b).

As perdas durante o processo de produção de silagem são classificadas em inevitáveis (respiração da planta após o corte, fermentação, produção de efluentes e secagem a campo) e evitáveis (fermentações secundárias, deterioração aeróbica no armazenamento e deterioração aeróbica a partir da abertura do silo), em que o somatório das mesmas deve atingir o limite máximo de 10% (McDONALD *et al.*, 1991). Os resultados desse estudo indicam fermentação de maior qualidade, podendo estar ligado ao conteúdo de umidade das forragens. Os valores de perdas desse estudo (Tabela 2) indicam fermentação de maior qualidade, podendo estar ligado ao aumento nas proporções de estilosantes na ensilagem de sorgo, ocasionando em aumento nos teores de MS, reduzindo assim a umidade do material ensilado, e como consequência, menores perdas.

De modo geral, houve redução sem diferença significativa nas concentrações de AL das silagens de sorgo para as diferentes proporções de estilosantes (Tabela 3). Essas concentrações estão próximas a relatada por McDonald *et al.* (1991), que é de 5% na MS, indicando adequada fermentação da massa ensilada.

Em relação ao conteúdo de AA, as silagens produzidas apresentam indícios de fermentação desejada, uma vez que apresentaram teores de AA abaixo de 2% (Tabela 3).

Veriato *et al.* (2018) reportaram que concentrações de até 3,5% na MS podem ser consideradas como de boa qualidade, sendo este limite acima dos valores encontrados para as silagens avaliadas. O mesmo comportamento foi observado para o conteúdo de AP, em que as silagens produzidas apresentaram 0,9% de AP, não ultrapassando o limite de 1% para serem consideradas de boa qualidade (Tabela 3) (SILVA *et al.*, 2018).

Não foi detectado produção de AB em todas as silagem estudadas (Tabela 3). Corroborando com as recomendações de McDonald *et al.* (1991) que é de 1% de AB, o que indica que as silagens produzidas apresentaram fermentações adequadas, preservando a qualidade da forrageira ensilada.

Para os teores de ET, observa-se que com o aumento das proporções de estilosantes na ensilagem de sorgo, houve um decréscimo nos teores de ET, além disso, esses acréscimos nas proporções de estilosantes também contribuíram com o aumento nos teores de CHOS residuais presentes no meio (Tabela 2 e 3). Evidenciando um maior consumo de CHOS nas silagens exclusivas de sorgo ao longo do processo fermentativo, o que nos possibilita inferir que esses CHOS podem ter resultado na produção de ET.

Comportamento contrário ocorre nos teores de MS, onde houve um aumento nos teores de MS (Tabela 2) com o aumento da proporção de estilosantes, ocasionando em menores produções de ET. Contudo, houve o desenvolvimento de leveduras durante a fermentação, o que pode ter resultado na produção de ET, como observado na Tabela 3. A fermentação alcoólica leva a um aumento nas perdas, porque cada molécula de glicose fermentada, duas moléculas de CO₂ são formadas e perdidas na forma gasosa, além da produção de ET que é um composto volátil (KUNG JR *et al.*, 2018).

Em relação à microbiologia das silagens, evidenciou-se que a maior contagem de colônias de BAL com 25% de proporção de estilosantes na ensilagem de sorgo, o que sugere ser um nível ideal (Tabela 3). Acima desse, o desenvolvimento das BAL foi limitado. Um trabalho mais detalhado para identificar os microrganismos deve ser feito para elucidar essas questões. McDonald *et al.* (1991) relataram que pH abaixo de 3,8 que reduz a velocidade do metabolismo desses microrganismos. Kung Jr *et al.* (2018) relataram que o aumento pH das silagens acima do limite (3,8) proporcionou o aumento na produção de AL, uma vez que garante as BAL uma faixa ótima de desenvolvimento.

O maior número de colônias de FL foi observado nas silagens exclusivas de sorgo (Tabela 3). O desenvolvimento de fungos no material ensilado é indesejável, já que estão envolvidos no processo de deterioração, consumindo açúcar e ácido lático após a exposição ao ar (BORREANI *et al.*, 2017).

Quanto aos FF, estes não são significativos em relação à fermentação da silagem, mas contribuem para as perdas na superfície do silo durante o descarregamento e em casos de compactação e vedação inadequados (BORREANI *et al.*, 2017).

O desenvolvimento das ENT é indesejável, pois estas apresentam potencial de fermentar carboidratos a ácido acético, e podem competir com as BAL pelo substrato, e degradar aminoácidos, o que reduz a qualidade da silagem produzida, além de produzirem aminas e ácidos graxos ramificados com consequente redução de aceitabilidade desse alimento pelos animais. A amônia formada pela proteólise aumenta a capacidade tampão do material ensilado, diminuindo a velocidade de redução do pH da silagem (McDONALD *et al.*, 1991). Nesse trabalho, os métodos de ensilagem adotados promoveram satisfatória queda dos valores de pH das silagens, contribuindo para a inibição do desenvolvimento de ENT (Tabela 2 e 3).

A multiplicação dessas populações microbiana (ENT, BAL, FL e FF) na ensilagem pode estar relacionada às condições do meio que, naturalmente, selecionou os grupos microbianos que se desenvolveram, visto que cada cultivar já possuía a sua microbiota autóctone equilibrada. Porém, o procedimento de colheita, transporte, corte e compactação, também podem ter influenciado nas variações dessas populações (KUNG JR *et al.*, 2018).

5 CONCLUSÃO

As silagens de sorgo adicionadas em todas as proporções de estilosantes avaliadas apresentaram um incremento expressivo de proteína, associado às baixas perdas. O estilosantes apresentou uma fração de fibra mais resistente, mais complexada. Os nutrientes foram bem preservados mesmo após 365 dias de armazenamento e as silagens foram de excelente qualidade, com destaque para a silagem com 75% de inclusão de estilosantes e a silagem exclusiva de estilosantes.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), pelo apoio a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABDELHALIM, T. S.; KAMAL, N. M.; HASSAN, A. B. Nutritional potential of wild sorghum: Grain quality of Sudanese wild sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Food Science & Nutrition**. v.7, p. 1.529-1.539, 2019.
- ALVAREZ, V.H.; RIBEIRO, A.C. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **5ª aproximação**. Viçosa, MG. p.359, 1999.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. **Nutrição animal**. 4.ed. São Paulo: Nobel. v.1, p.395, 1990.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; SUGAWARA, M. S.; SILVA, M. S.; SCHWAN, R. F. Qualidade da silagem de cana-de-açúcar inoculada com uma cepa de *Lactobacillus buchneri*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, p.255-261, 2008.
- BADIGANNAVAR, A.; GIRISH, G.; GANAPATHI, T. R. Genetic variation for seed phosphorous and yield traits in Indian sorghum landraces and varieties. **Crop Journal**, v.3, p.358-365, 2015.
- BORREANI G., TABACCO E., SCHMIDT R. J., HOLMES B. J., MUCK R. E. Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, p. 3.952-3.979, 2017.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**. v.101, p. 3.952-3.979, 2018.
- CHATTHA M.U.; HASSAN M. U.; KHAN I.; CHATTHA M. B.; AAMER M.; NAWAZ M.; ANJUM S. A.; ASHRAF U.; KHARAL M. Impact of planting methods on biomass production, chemical composition and methane yield of sorghum cultivars. **Pakistan Journal Agricultural Sciences**. v. 57, p. 43-51, 2020.
- CHAVES, K. F.; SILVA, N. B. N.; VIEIRA, T. B. V.; CRUZ, W. F.; MARTINS, M. L.; MARTINS, A. D. O. Avaliação microbiana de ambientes de diferentes laticínios da região de Rio Pomba-MG. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 66, p.11-15, 2011.
- DANIEL, J. L. P.; JACOVACI F. A.; JUNGES D.; SANTOS M. C.; LIMA J. R.; ANJOS I. A.; LANDELL M. G. A.; HUHTANEN P.; NUSSIO L. G. Fibre digestibility and its relationships with chemical and morphological traits in thirty-two sugarcane varieties. **Grass Forage Science**. v.72, p. 545-555. 2017.
- DRIEHUIS, F.; WILKINSON J. M.; JIANG Y.; OGUNADE I.; ADESOGAN A. T. Animal and human health risks from silage. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.4.093-4.110, 2018.
- EPIFANIO P. S.; PINHO C. K. A.; COSTA S. E.; FERREIRA S. W.; TEIXEIRA D. A. A.; TORRES S. J.; MOURA A. M. Características produtivas e nutricionais de cultivares de *Brachiaria brizantha* consorciadas com *Stylosanthes* cv. Campo Grande em diferentes sistemas forrageiros. **Crop and Pasture Science**. v.70 , p.718-729, 2019.
- Institute Inc. The SAS System for Windows (Statistical Analysis System), version 9.1.3. Cary (NC): SAS Institute Inc.; 2003.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, R. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p.101-119, 2007.

KUNG JR L.; SHAVER R. D.; GRANT R. J.; SCHMIDT R. J. Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.4.020-4.033, 2018.

LI, D.; NI, K.; ZHANG, Y.; LIN, Y.; YANG, F. Fermentation characteristics, chemical composition and microbial community of tropical forage silage under different temperatures. **Asian-Australasian Journal Animal Sciences**. v.32, p.665-674, 2019.

LIMA, L. M.; DOS SANTOS, J. P.; CASAGRANDE, D. R.; ÁVILA, C. L. S.; LARA, M. A. S.; BERNARDES, T. F. Lining bunker walls with oxygen barrier film reduces nutrient losses in corn silages. **Journal of Dairy Science**. v.100, p. 4.565-4.573, 2017.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley. p. 226, 1981.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON; S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication. p. 340. 1991.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1.217-1.240, 2002.

MORAIS, G.; DANIEL, J. L. P.; KLEINSHMITT, C.; CARVALHO, P. A.; FERNANDES, J.; NUSSIO, L. G. Additives for grain silages. **Journal of Animal Science**, v.50, p. 42-54, 2017.

MUCK R. E.; NADEAU E. M. G.; MCALLISTER T. A.; CONTRERAS-GOVEA F. E.; SANTOS M. C.; KUNG JR L. Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**. v.101, p. 3.980-4.000, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington: National Academic Press. ed. 7, p.381. 2001.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A.; VENZKE FILHO, S.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Science Society of America Journal**, v.65, p. 1.486-1.499, 2012.

SANTOS, A.P.M.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; RIBEIRO, O.L.; PERAZZO, A.F.; PINHO, R.M.A.; MACÊDO, A.J.S.; PEREIRA, G.A. Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (*Sorghum bicolor*) silage. **African Journal of Range & Forage Science**. v.35, p.55-62, 2018.

SILVA A. M. S.; SILVA L. D.; CRUZ P. J. R.; SANTOS M. V.; SOUZA C. M. P.; FARNESI M. M. M.; GANDINI E. M. M. Production and nutritional value of *Tithonia diversifolia* in establishment period. **Livestock Research for Rural Development**. v. 30, p. 90-95, 2018a.

SILVA L. D.; PEREIRA O. G.; SILVA T. C.; V ALADARES FILHO S. C.; RIBEIRO K. G.; SANTOS S. A. Intake, apparent digestibility, rumen fermentation and nitrogen efficiency in sheep fed a tropical legume silage with or without concentrate. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**. v.90, p. 3.551-3.557, 2018b.

SILVA, L. D.; PEREIRA, O. G.; SILVA, T. C.; LEANDRO, E. S.; PAULA, R. A.; SANTOS, S. A.; RIBEIRO, K. G.; VALADARES FILHO, S. C. Efeitos de *Lactobacillus buchneri* isolados de silagem de milho tropical na fermentação e estabilidade aeróbica de silagens de milho e cana-de-açúcar. **Grass and Forage Science**. v. 73, p. 660 – 670, 2018.

TEIXEIRA, V. I.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA JÚNIOR, M. A.; LIRA, M. A.; SILVA, H. M. S. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no nordeste brasileiro. **Archivos de Zootecnia**. v. 59, p. 245-254, 2010.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and nostarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. v.74, p.3.583-3.597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell Univ. Press, p.476, 1994.

VERIATO F. T.; PIRES D. A. A.; TOLENTINO D. C.; ALVES D. D.; JAYME D. G.; MOURA M. M. A. Fermentation characteristics and nutritive values of sorghum silages. **Acta Scientiarum, Animal Sciences**. v. 40, p. 1-8, 2018.